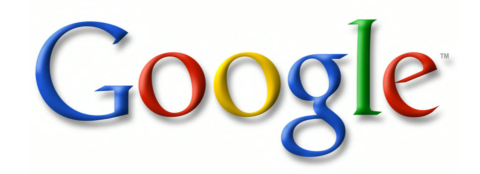
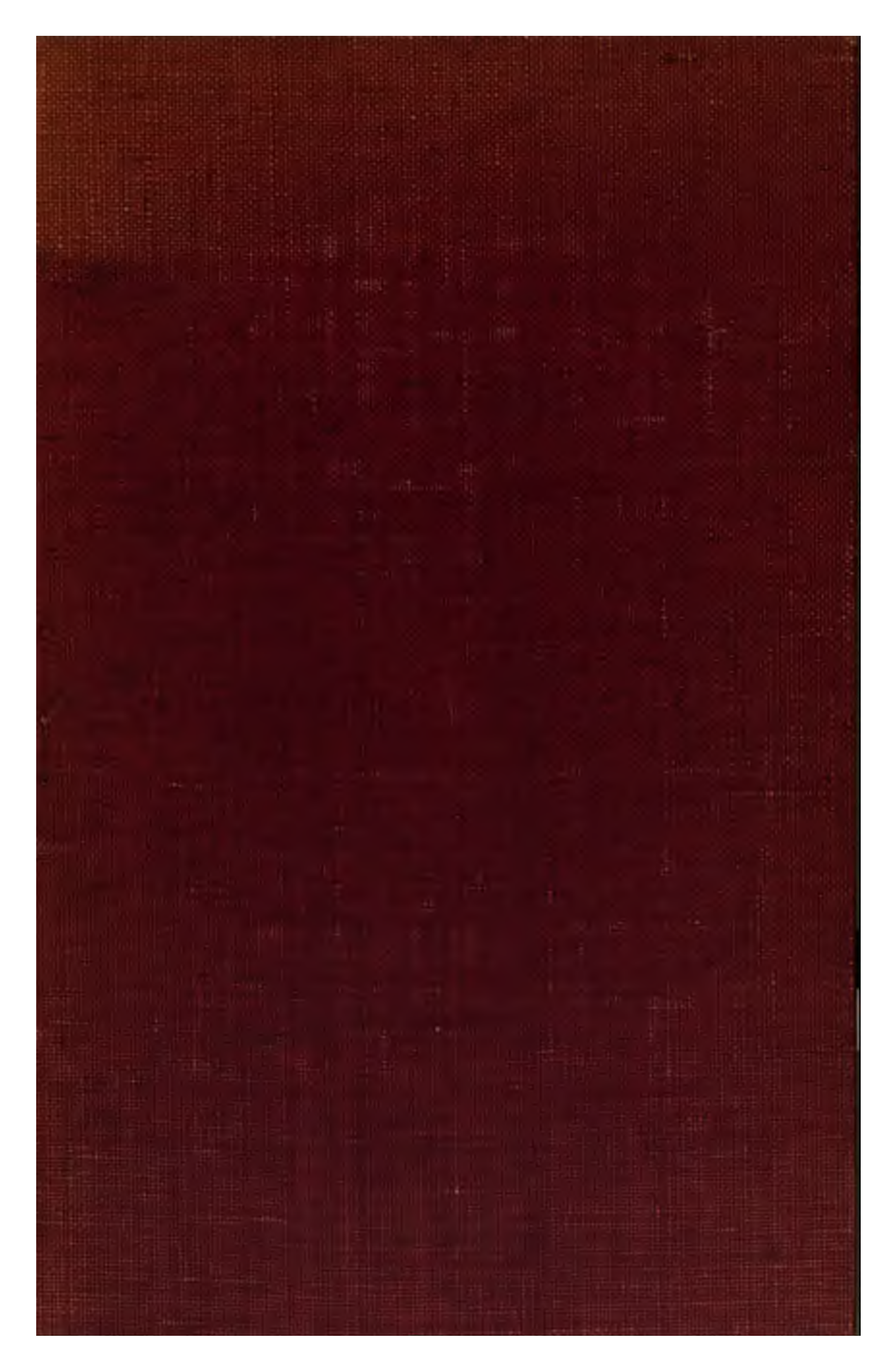
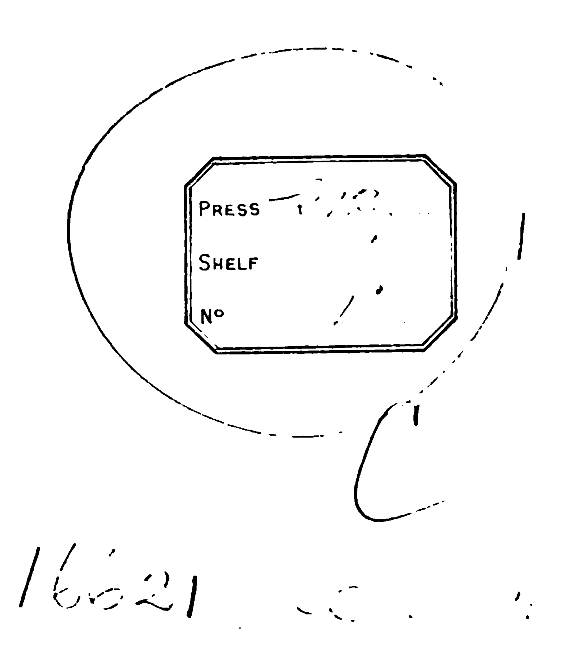
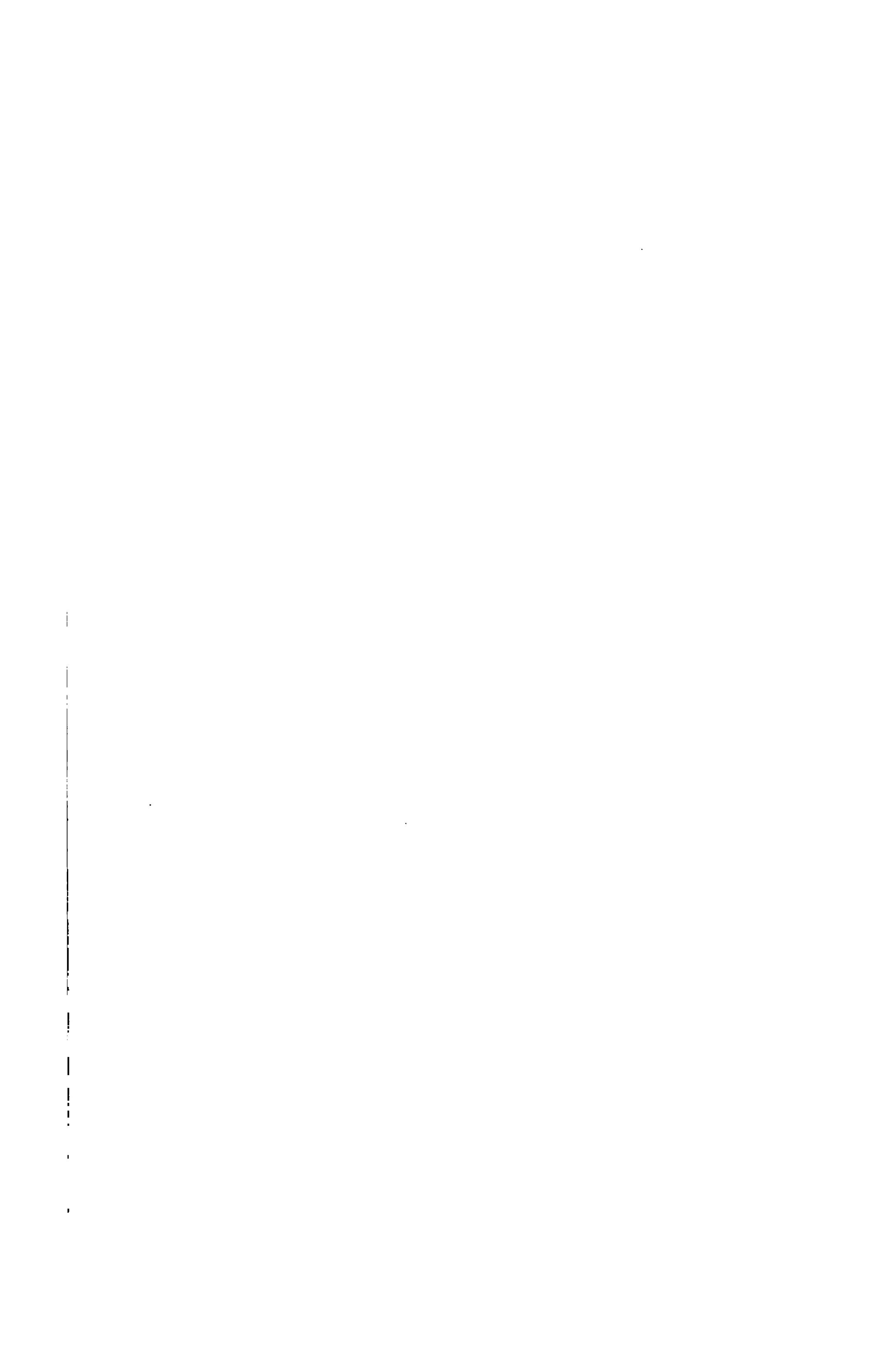





600035428S


PRESS
SHELF
No





PHYSIOLOGISCHE

METHODIK.

EIN HANDBUCH

DER

PRAKTISCHEN PHYSIOLOGIE.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

PHYSIOLOGISCHE

METHODIK.

EIN HANDBUCH

DER

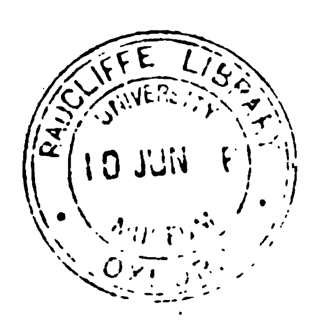
PRAKTISCHEN PHYSIOLOGIE

VON

DR. RICHARD GSCHEIDLEN,
Professor an der Universität zu Breslau.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1876.



EINLEITUNG.

Die Physiologie ist die Kunde von den Lebenseigenschaften der Organismen. Ihre Aufgabe ist, die Erscheinungen des Lebens in ihren Bedingungen zu ergründen und aus deren wechselseitigem Verhältniss die Gesetze desselben abzuleiten. Wie jede Naturwissenschaft bedient sich auch die Physiologie zur Lösung ihrer Aufgabe der inductiven Methode, der Methode der Erkenntniss der Grundprincipien durch die Ansammlung von Einzelerfahrungen vermittelst der Beobachtung und des Experiments.

In der Physiologie bezeichnet man diejenige Methode, die nur auf Beobachtung beruht und nur auf möglichste Verfeinerung der Hülfsmittel derselben zielt, auch als descriptive und da dieselbe vorzugsweise zur Erforschung der zahllosen Formverhältnisse der Organisation dient, auch als morphologische, im Gegensatz zu der experimentellen Methode, die durch Bedingungen, die Kunst und Willkür setzen, die Ursache der Lebenserscheinungen zu ermitteln sucht und die Functionen der einzelnen Theile der Organismen zu erkennen trachtet. Nicht alle Gebiete der Physiologie können an der Hand beider Methoden durchforscht werden. Einzelne Capitel, z. B. die Entwickelungsgeschichte und die Fortpflanzung der Organismen, sind der experimentellen Methode noch so gut wie verschlossen, andere, z. B. die Hirnphysiologie, werden derselben erst jetzt allmälig zugänglich.

Einfach ist das Handwerkszeug, mit dem ausgestattet der Forscher den Weg der Beobachtung betritt; Skalpell, Meissel und Pincette, Mikroskop und Lupe begleiten allein ihn bei seiner Wanderung auf die unabsehbaren Gefilde der vergleichenden Anatomie und Histologie. Im höchsten Grade mühselig, voll von Enttäuschungen und voll von Hindernissen ist dagegen der Pfad, der dem experimentirenden Forscher vorgezeichnet ist; verwickelt und complicirt in mannigfaltigster Art sind die Verhältnisse, die das auch in umsichtigster Weise angestellte physiologische Experiment begleiten und nicht selten trüben. Um den Leitstern nicht zu verlieren und mit Erfolg in die flüchtigen Erscheinungen des Lebens einzugreifen hat der experimentirende Forscher eine Summe von Kenntnissen nöthig, die der Physiologie befreundeten Disciplinen, der Anatomie, Physik und Chemie, entlehnt sind. Ausgerüstet mit den Lehren dieser Hülfswissenschaften kann er hoffen auf bestimmte, in ihrer Richtigkeit wohl erwogene, an die Natur gerichtete Fragen auch be-

stimmte Antworten zu erhalten. Allein dennoch schweigt oft die Natur und keine Antwort will erfolgen. Der angehende Jünger der Wissenschaft wolle daran erkennen, dass seine Versuchsmethode ungeeignet sei. Mit vervollkommneter Methode erhält er sichere Antwort; denn nimmer schweigt die Natur.

In einer Reihe von Fällen können wir die Vorgänge im lebenden Objecte dadurch erforschen, dass wir in allen übrigen Beziehungen, ausser den unmittelbar erfragten, die Verhältnisse des normalen Lebens möglichst getreu erhalten, in anderen dadurch, dass wir Factoren der in beständigem Wechsel auf einander folgenden Erscheinungen künstlich bannen oder gänzlich ausschalten resp. ersetzen, wieder in anderen dadurch, dass wir ausserhalb des Organismus an der Hand physikalischer wie chemischer Forschungsmethode Lebensprocesse imitiren und die dabei auftretenden Erscheinungen und Veränderungen der Materie studiren.

Betrachten wir den Entwickelungsgang der Physiologie seit der Zeit, wo Johannes Müller lebte und wirkte, so zeigt sich, dass ihr Fortschritt eng an die Methode geknüpft war, und es will Einem dünken, als lehre dieselbe, dass derjenige, der die richtige Methode erlangt, auch die wissenschaftliche Erkenntniss errungen.

Ein erfolgreiches Studium der Physiologie setzt darum, wie oben erwähnt, Bekanntschaft nicht nur mit den Lehren der Anatomie, Physik und Chemie, sondern auch im reichsten Maasse mit deren Beobachtungsmethoden und Werkzeugen voraus. Es verlangt ausserdem von dem angehenden Jünger der Wissenschaft ein gewisses Geschick im Experimentiren und im Auffassen von Sinneseindrücken sowie Wahrheitsliebe. Die Geschicklichkeit im Experimentiren und das Beobachten kann man lernen, die Wahrheitsliebe hat jeder in das Laboratorium mitzubringen.

Die Art des wissenschaftlichen Experimentes und die Deutung der Befunde richtet sich nach der individuellen Begabung des Forschers. Zur Hypothese seine Zuflucht zu nehmen ist nur dann erlaubt, wenn dieselbe sich ungezwungen ergiebt und gewissermaassen sich von selbst aufdrängt; man wolle stets eingedenk sein, dass sie nur als weitere Frage an die Natur zu existiren berechtigt ist, nie aber als Antwort gelten darf. Als Frage kann sie, auch wenn sie fällt, nützen, als vermeintliche Antwort aber und gar als festgeglaubte Thatsache stiftet sie nur Schaden und Verwirrung.

Den Anfänger in das Studium der experimentellen Physiologie einzuführen, ist die Aufgabe dieses Buches. Da ein erfolgreiches Arbeiten in einem physiologischen Laboratorium Kenntniss der Methoden physikalischer wie chemischer Messung sowie Erfahrung in einigen technischen Dingen voraussetzt, diese Kenntnisse aber, wie die Erfahrung lehrt, nicht jeder, der Physiologie treibt oder in einem physiologischen Laboratorium zu arbeiten beginnt, besitzt, so ist dieser Materie ein eigener Theil gewidmet, der gewissermaassen eine physiologische Propädeutik vorstellt.

ERSTER THEIL.



Erstes Capitel.

Vom Maasse und vom Messen.

A. Die in der Physiologie gebräuchlichen Maasse.

I. Das metrische Maasssystem.

Die Maasse, welche in neuester Zeit in der Physiologie fast ausschliesslich zur Bestimmung der Dimensionen und des Gewichtes der Körper angewandt werden, sind dem neufranzösischen oder metrischen Maasssysteme entnommen, welches vor allen übrigen Systemen sich dadurch auszeichnet, dass es gestattet, alle Maassbestimmungen auf ein und dieselbe Einheit, die des Längenmaasses, zurückzuführen. Diese Einheit ist das Meter, welches den zehnmillionten Theil des Quadranten eines Erdmeridians bilden soll, factisch freilich nicht bildet, da Bessel nachwies, dass sich bei der französischen Gradmessung ein kleiner Fehler eingeschlichen. Das Meter ist nach Bessel's[1]) Bestimmungen um 0·04‴ kleiner als der zehnmillionte Theil eines Erdmeridianquadranten; nichtsdestoweniger aber wurde bei der allgemeinen Verbreitung des einmal eingeführten Maasses von einer Umänderung Abstand genommen.

Das metrische Maasssystem ist ein rein dekadisches. Die Abkürzungen, welche im Nachfolgenden den einzelnen Maassen beigesetzt sind, sind diejenigen, welche die Normal-Aichungscommission in Berlin bei ihren Publicationen gebraucht[2]).

---

[1]) Bessel. Ueber einen Fehler in der Berechnung der französischen Gradmessung und seinen Einfluss auf die Bestimmung der Figur der Erde. Schumacher's Astronom. Nachrichten Bd. XIX, S. 97. 1842.

[2]) Die vollen und abgekürzten Maasse und Gewichte des Deutschen Reiches. Dingler's polytech. Journ. Bd. 204, S. 509. 1872.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

PHYSIOLOGISCHE

METHODIK.

EIN HANDBUCH

DER

PRAKTISCHEN PHYSIOLOGIE

VON

DR. RICHARD GSCHEIDLEN,
Professor an der Universität zu Breslau.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN
HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1876.

Wasser von 4° C., dessen Seite genau 1/10 Meter lang ist, wird Litre genannt. Der Litre enthält 10 Decilitre, 100 Centilitre und 1000 Millilitre. Das Millilitre stimmt mit dem Cubikcentimeter überein.

1 Litre	= 0·873338	preuss. Quart
1 „	= 0·220100	engl. Gallone
1 „	= 0·706822	östreich. Maass
1 „	= 0·935430	bayer. „
1 preuss. Quart	= 1·145031	Litre
1 engl. Gallone	= 4·543384	„
1 östreich. Maass	= 1·414782	„
1 bayer. „	= 1·069027	„

5. Das Gewicht.

Den Ausgangspunkt für die Einheit des Gewichtes bildet im französischen Maasssystem das Gewicht eines mit destillirtem Wasser von 4° C. erfüllten Würfels, den man durch Theilung des Cubikmeters in Milliontel erhält, also eines Cubikcentimeters. Das Gewicht dieses Wassers von der angegebenen Temperatur bezeichnet man mit dem Namen Gramm.

1 g (Gramm) = 10 dcg (Decigramm) = 100 cg (Centigramm)
= 1000 mg (Milligramm).

1000 g geben 1 Kilogramm (kg) = 1 Litre (l).

Sehr häufig kommt es vor, dass Gewichtsangaben älterer Autoren in Gramme umzusetzen sind. Zur Orientirung möge die Gewichtseintheilung des alten preussischen, des englischen wie des alten Medicinalgewichtes dienen.

Das alte preussische Gewicht war folgendermaassen zusammengesetzt.

1 altes preuss. Pfund = 32 Lth. = 16 Unzen
1 Lth. = 4 Quentchen = 4 Drachmen
1 Drachme = 20 Gran.

Nach den Bestimmungen des Gesetzes vom 16. Mai 1816 [1]) ist:

1 preuss. Pfund = 467·7110 Gramm.

Lasch [2]) berechnete jedoch auf Grund der Dichtigkeitsmessungen von Hällström [3]) das preuss. Pfund = 467·73951 Gramm.

---

[1]) Maass und Gewichtsordnung für die preussischen Staaten vom 16. Mai 1816. Gesetzsammlung für die königlichen preussischen Staaten 1816, S. 150.

[2]) Lasch. Bemerkungen über das absolute Gewicht der atmosphärischen Luft in Berlin, sowie über die Vergleichung der preussischen Maasse und Gewichte mit den französischen und englischen. Poggendorff's Annal. Ergänzungsband III, S. 343. 1853.

[3]) Hällström. Prüfung der neuerlich gemachten Bestimmungen über die Volumsveränderungen des Wassers in verschiedener Wärme und über die Wärme für die grösste Dichtigkeit des Wassers. Poggendorff's Annal. Bd. 34, S. 220. 1835.

1 preuss. Lth. = 14·6168 Gramm
1 „ Gran = 0·0609 „

Zur Notiz diene ferner, dass im Jahre 1839 [1]) im deutschen Zollvereinsgebiete das Pfund = 30 Lth. = 500 Gramm angenommen wurde, welches dann durch Gesetz vom 17. Mai 1856 [2]) auch gesetzliches Handelspfund wurde.

Das englische Gewicht besteht aus

1 Troypfund = 12 Unzen
1 Unze = 20 Pennyweight
1 Pennyweight = 24 Grain.

5760 Grain geben 1 Troypfund, 7000 Grain geben 1 Pfund Avoir-du-poids.

Nach den Bestimmungen von Eytelwein [3]) ist das englische Troypfund von 5760 Grain = 373·04912 Gramm, nach Lasch 373·06941 Gramm, nach Kupfer [4]) 373·2440 Gramm. Damit ändert sich selbstverständlich der Werth des englischen Grain jedoch erst von der sechsten Decimalstelle ab. Bis dahin ist 1 englisch Grain = 0·06476 Gramm.

Bei der Reduction englischer Gewichte in Grammen ist die Notiz von Davanne [5]) wichtig, dass in England unter derselben Benennung zwei verschiedene Gewichtssysteme bestehen, die ganz verschiedene Werthe haben, wenn man sie in Gramme umwandelt.

Im Handelsgewichte (Avoir-du-poids) ist:

1 Unze = 28·349 Gramm
1 Drachme = 1·771 „
1 Gran = 0·065 „

Das Gewicht für Chemiker, Apotheker, Photographen etc. ist:

1 Unze = 31·103 Gramm
1 Drachme = 3·881 „
1 Gran = 0·065 „

Man sieht, dass nur der Gran in beiden Systemen denselben Werth hat, bei Unzen und Drachmen aber eine grosse Verschiedenheit herrscht. Für die Umwandlung der in chemischen Vorschriften der Engländer vorkommenden Gewichtsangaben gilt die zweite Tabelle.

---

[1]) Verordnung, die Einführung des Zollgewichtes betreffend. Gesetzsammlung für die königlichen preussischen Staaten 1839, S. 325.

[2]) Gesetz, betreffend die Einführung eines allgemeinen Landesgewichts. Vom 17. Mai 1856. Ibid. 1856, S. 546.

[3]) Eytelwein. Vergleichung der neuesten englischen Maasse und Gewichte mit den preussischen. Abhandlung der math. Classe der königl. Akad. d. Wissensch. vom Jahre 1827. S. 4, 1830.

[4]) Kupfer. Travaux de la commission pour fixer les mesures et les poids de l'empire de Russie. Tom. II, pag. 334. 1841.

[5]) Englische Gewichtseintheilungen. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 186, S. 240. 1867.

Das alte Medicinalgewicht war folgendermassen eingetheilt:

1 ℔ (Pfund) = 12 ℥ (Unzen) = 96 ʒ (Drachmen) = 288 ℈ (Scrupel) = 5760 gr (Gran).

Durch Ministerialverfügung vom 29. August 1867 wurde das Verhältniss des alten Medicinal- (Unzen-) Gewichtes zum Grammgewichte in folgender Weise geregelt:

1/6 Gran	= 0·01 Gramm		1 1/2 Drachmen	= 5·5 Gramm
1 Gran	= 0·06 „		3 Drachmen	= 11·0 „
1 Scrupel	= 1·25 „		1 Unze	= 30·0 „
1/2 Drachme	= 2·0 „		12 Unzen	= 360·0 „
1 Drachme	= 3·75 „			

II. Das Winkelmaass.

Als Maass zur Bestimmung von Winkeln oder Richtungen dient der in 360 gleiche Abschnitte getheilte Kreisumfang. Ein solcher Theil des Kreises wird Grad (°) genannt. Der Grad wird in 60′ (Minuten), die Minute in 60″ (Secunden) eingetheilt.

III. Das Zeitmaass.

Das bei physiologischen Untersuchungen gebräuchliche Zeitmaass ist wie im socialen Leben auf die Länge des Tages = 24 Stunden, gegründet. Die Stunde = 1 *h* hat 60′ (Minuten). Die Minute 60″ (Secunden).

B. Die verschiedenen Arten des Messverfahrens.

I. Die Bestimmung von Längen.

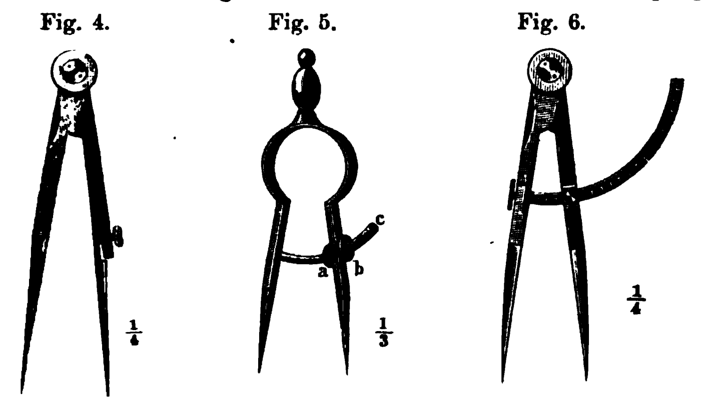
Zum Ausmessen der geradlinigen Entfernung zweier Puncte von einander genügt meist die directe Anwendung des Maassstabes oder des getheilten Bandmaasses; öfters werthet man auch eine Länge dadurch aus, dass man ihre Endpunkte auf irgend einen Gegenstand, z. B. einen Streifen Papier, markirt und dann den Abstand der beiden Marken auf einem Maassstabe misst. Gestatten dies die Umstände nicht oder kommt es auf eine ganz feine und genaue Messung an, so bedient man sich besonderer Messvorrichtungen. Solche Messvorrichtungen sind die Zirkel, der Vernier, das Mikrometer, die Mikrometerschraube, das Sphärometer und das Kathetometer. Die übrigen Messvorrichtungen finden bei physiologischen Untersuchungen nur in ganz seltenen Fällen Anwendung, weshalb sie hier übergangen werden können.

1. Die Zirkel.

Die einfachsten Instrumente zur Abmessung einer Länge, die man nicht unmittelbar mit dem Maassstabe bestimmen will oder kann, sind die Zirkel. Die zu messende Länge wird mit den Zirkelspitzen begrenzt und deren Abstand auf einem Maassstabe gemessen, welcher selbst öfters einen Bestandtheil des Instrumentes ausmacht. Die Form der Zirkel ist sehr verschieden.

a. **Die Winkel- oder Schenkelzirkel** dienen zum Abstecken einer Länge und werden in ihrer einfachsten Gestalt aus freier Hand dirigirt. Zur genaueren Einstellung der Spitzen wird der eine Schenkel häufig mit einer Schraube versehen, wie Fig. 4 $^1/_4$ nat. Gr. zeigt. Trefflich eignet sich zum Abstecken von gleichen Abständen, z. B. beim Anlegen einer Scala, der Zirkel von Pinzger in Breslau. Derselbe ist in Fig. 5 $^1/_3$ nat. Gr. abgebildet. Der Abstand der Schenkel des Zirkels wird durch eine Feder bewirkt und durch zwei auf dem Bogen *c* bewegliche Schrauben *a* und *b* festgestellt. Will man sich die Uebertragung auf

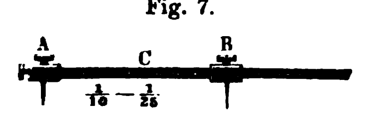
Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.



einen Maassstab ersparen, so kann man Zirkel anwenden, auf deren einem Schenkel (Fig. 6, $^1/_4$ nat. Gr.) ein Gradbogen befestigt ist, auf dem der der Zirkelöffnung entsprechende Längenwerth verzeichnet steht.

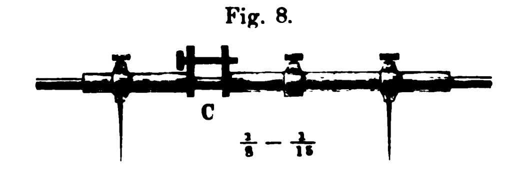
b. **Die Stangenzirkel** dienen ebenfalls zum Abmessen einer Länge. Bei ihrem Gebrauche wird die eine Spitze *A*, Fig. 7, $^1/_{10}$ bis $^1/_{25}$ nat. Gr., fest an die Stange geschraubt und an den Anfangspunkt gebracht, die andere frei bewegliche Spitze *B* aber wird an den Endpunkt geschoben. Da die Stange *C* mit einem Maasstab versehen ist, so kann die Entfernung der beiden Spitzen *A* und *B* direct abgelesen werden. Das Messwerkzeug wird in seiner Genauigkeit bedeutend erhöht, wenn eine auf der Stange angebrachte Mikrometerschraube die Einstellung regelt. Fig. 8, $^1/_8$ bis $^1/_{15}$ nat. Gr.

Fig. 7.



c. **Der Zirkel von Sandberger** [1]) dient zu directen Verticalmessungen von Vertiefungen oder Erhöhungen kleinerer Gegenstände.

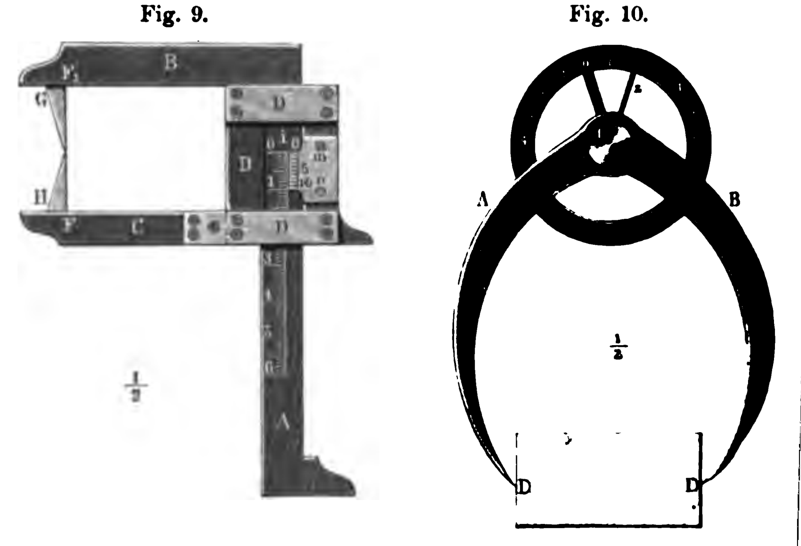
Fig. 8.



Derselbe besteht aus einer mit einem Maassstabe versehenen, linealartigen Messingstange *A*, Fig. 9, $^1/_2$ nat. Gr., an welcher der Arm *B* rechtwinklig befestigt ist, während der ebenso breite Arm *C* in einem Rahmen, der durch die Querplatten *D* gebildet wird, vertical auf- und abgeschoben werden kann. Bei *F* und F_1 sind in die beiden Arme zwei scharfe, nach innen rechtwinklige Stahlspitzen *G* und *H* eingelassen. Der Nullpunkt des Maassstabes und, wie sich von selbst versteht, auch der des Nonius *i*, der an dem Rahmen *D* durch die Schrauben *m* und *n* befestigt ist und etwas auf die Theilung des Maassstabes übergreift, ist genau auf den Berührungspunkt der beiden Stahlspitzen *G* und *H* normirt.

Beim Gebrauche wird der zu messende Gegenstand zwischen die mehr oder minder weit auseinander geschobenen Stahlspitzen *G* und *H* ein-

Fig. 9. Fig. 10.



geschaltet und seine Grösse an dem Maassstabe abgelesen. Sind die zu messenden Objecte sehr klein, so können sie zweckmässig auf einem aus Wachs nach jedesmaliger Bequemlichkeit geformten Stielchen befestigt werden

[1]) **Sandberger.** Neues Messinstrument für directe Verticalmessungen von Vertiefungen und Erhöhungen kleinerer, besonders naturhistorischer Gegenstände. **Poggendorff's** Annal. Bd. 85, S. 97. 1852.

d. **Die Tasterzirkel** dienen zur Bestimmung von Körperdurchmessern und besitzen je nach dem Gegenstande, der gemessen werden soll, verschiedene Gestalt und Construction. Heusinger's verbesserter Tasterzirkel mit Indicator [1]) macht alle übrigen gebräuchlichen unnöthig. Derselbe eignet sich vorzüglich zur Messung der Dicke von Cylindern, von cylindrischen nach innen sich erweiternden Höhlungen etc. Das Instrument, Fig. 10, $1/2$ nat. Gr., besteht aus zwei gebogenen um ein Charnier *C* beweglichen Schenkeln *A* und *B*, wovon *B* einen mit dem Charnier concentrisch eingetheilten Kreis, *A* einen über die Eintheilung dieses Kreises laufenden Zeiger *z* trägt. Die Eintheilung des Kreises ist in folgender Weise ausgeführt. Die Stelle des Kreises, auf welche der Zeiger beim Schlusse der beiden Spitzen *DD* hinweist, ist der Nullpunkt. Indem man dann die Spitzen *DD* an einen gewöhnlichen Maassstab hielt und von Millimeter zu Millimeter von einander entfernte, ergaben sich die entsprechenden Theilstriche am Kreisbogen durch die jedesmalige Lage der Zeigerspitze *z*. Man liest also mit diesem Instrumente direct die Grösse eines Gegenstandes ab, welchen die beiden Spitzen *DD* zwischen sich fassen.

Um das Instrument, wie Fig. 11 in $1/2$ nat. Gr. zeigt, auch für Ausmessungen von Hohlkörpern oder Höhlungen einzurichten, schliesst man

Fig. 11.

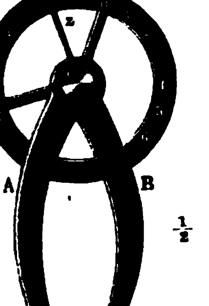
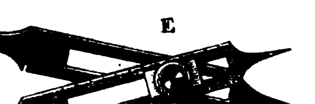


Fig. 12.



die Schenkel, erweitert den Abstand der Spitzen *D D* rückwärts, so dass die Schenkel übereinander greifen und zeichnet vom Nullpunkte aus zur Linken nach jeder Erweiterung einen entsprechenden Theilstrich an die Stelle, wo die Spitze des Zeigers *z* hinweist.

Im Anhange an die Zirkel sei:

e. **des Proportional- oder Reductionszirkels**, Fig. 12, $1/7$ nat. Gr., gedacht. Derselbe ist kein eigentliches Messwerkzeug und schliesst sich nur insofern den Zirkeln an, als er gestattet, Messungen in bestimmten Verhältnissen zu vergrössern oder zu verkleinern. In beistehender Figur regelt die Vergrösserungen oder Verkleinerungen der Schieber *E*. Einen trefflichen Reductionszirkel hat

---

[1]) Poppe. Heusinger's verbesserter Tastzirkel mit Indicator. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 95, S. 428. 1845.

Schiereck [1]) construirt, auf den nebenbei aufmerksam zu machen ich nicht unterlassen kann.

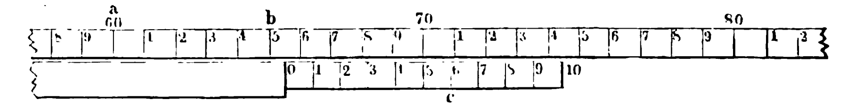
2. Der Vernier oder Nonius.

Mit dem Namen Vernier oder Nonius belegt man eine Vorrichtung, die durch Verschieben zweier neben einander gelegter verschieden getheilter Maassstäbe Messungen ermöglicht bis auf eine kleine Einheit genau, als sie jedem der beiden Maassstäbe zu Grunde liegt.

Wie dies geschieht, möge folgende Auseinandersetzung klar machen. Wird z. B. ein Maassstab von genau 9 mm Länge in 10 gleiche Theile getheilt und neben ein gewöhnliches in Millimeter getheiltes Metermaass gelegt, so stehen, falls die beiden Theilstriche 0 wie beistehende Fig. 13 versinnlicht, zusammenfallen, die Theilstriche 1 um 0 mm,1, die Theilstriche 2 um 0 mm,2 u. s. w. von einander entfernt, der Theilstrich 10 des Vernier aber fällt mit dem Theilstrich 9 des Metermaasses zusammen. Decken sich statt der Theilstriche 0 zwei andere Theilstriche, so differiren von diesen aus die beiden nächsten um 0 mm,1, die folgenden um 0 mm,2 von einander u. s. w. Hat man z. B. durch Anlegen des zu messenden Gegenstandes an ein Metermaass *ab*, Fig. 14, gefunden, dass derselbe 65 und einen Bruchtheil eines Millimeters lang ist und soll dieser Bruchtheil bestimmt werden, so bringt man den Vernier *c* an das Ende des zu messenden Gegenstandes und sucht auf demselben den Theilstrich auf, der mit einem des Metermaasses zusammenfällt. Die Zahl, welche neben diesem Theilstrich steht, giebt den auszuwerthenden Bruchtheil in $^1/_{10}$ Millimeter an. Bei dem angenommenen Beispiele ist derselbe 0 mm,5, denn die Theilstriche 4, 3, ... 0 des Vernier bleiben um 0 mm, 1, 0 mm, 2 ... 0 mm, 5 hinter denen des Maassstabes zurück, wie die schematische Fig. 14 erläutert.

Fig. 13.

Fig. 14.



Wählt man für die Länge des Vernier statt 9 mm die Länge von 19, 29 oder 39 mm und theilt man diese Länge in 20, 30 oder 40 Theile,

---

[1]) Schiereck. Beschreibung eines neuen Reductionszirkels und Anwendung desselben zum Reduciren, Copiren und Construiren von Planen. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 82, S. 265. 1841.

so stehen, wenn die Theilstriche 0 zusammenfallen, die Theilstriche 1 um $^1/_{20}$, $^1/_{30}$ oder $^1/_{40}$ Millimeter von einander entfernt, die Theilstriche 2 um $^2/_{20}$, $^2/_{30}$ oder $^2/_{40}$ u. s. w. Wie sich hieraus ergiebt, gestattet der Vernier ganz allgemein $\frac{1}{n}$ der kleinsten Theilung eines Maasses zu messen, wenn $(n - 1)$ Intervalle des Maassstabes n Intervallen des Vernier gleich sind. Ebenso wie bei geradlinigen Messungen kann der Vernier auch bei Kreistheilungen angewandt werden, nur muss dann der Rand des Vernier ebenfalls kreisförmig sein.

Da Kaestner [1]) nachwies, dass Peter Vernier oder Werner der Erfinder der Vorrichtung ist, welche wir eben beschrieben haben, so würde man wohl mit mehr Recht dafür den Namen des Erfinders Vernier oder Werner als Nonius (Peter Nunnez) gebrauchen.

Enthält der Vernier, wie oben angegeben, n Theile auf $n - 1$ Theile des Maassstabes, in unserem Beispiele 10 Theile auf 9 des Maassstabes, so nennt man diese Einrichtung einen vortragenden Vernier oder Nonius, zum Unterschiede von der Einrichtung, bei der n Theile des Vernier $n + 1$ Theilen des Maassstabes entsprechen. Letztere seltenere Art nennt man einen nachtragenden oder schleppenden Vernier.

3. Das Mikrometer.

Jede Vorrichtung, mit welcher man Gegenstände von sehr kleinen Dimensionen messen kann, nennt man ein Mikrometer. Da aber derartig kleine Gegenstände mit unbewaffnetem Auge nicht hinlänglich scharf gesehen werden können, so werden die Mikrometer gewöhnlich in Verbindung mit Fernröhren oder Mikroskopen in Anwendung gebracht.

Den ersten Versuch, die Entfernung zweier Punkte im Gesichtsfelde eines Instrumentes messend zu bestimmen, machte, wie Derham [2]) nachwies, Gascoigne im Jahre 1640 durch die Erfindung des Fadenkreuzes. Gascoigne zog nämlich, um den Mittelpunkt des Fernrohres und zwei auf einander senkrechte Durchmesser des Gesichtsfeldes zu bezeichnen, durch den Brennpunkt des letzten Oculars Fäden, die an einem Ringe im Fernrohre befestigt waren. Im Laufe der Zeit vervielfältigte man die Fäden und liess sie unter verschiedenen Winkeln sich kreuzen; man erhielt so die sogenannten Netzmikrometer; ferner wandte man statt der Fäden verschiedene andere Materialien an, wie Metalldrähte, Haare von Menschen und Thieren, Glas etc. Fontana empfahl zuerst Spinnenfäden, welche selbst bei einer Dicke von 0·0003 mm noch hinreichend elastisch sind, um sich spannen zu lassen.

---

[1]) Kaestner. Von dem Erfinder des Vernier. Kaestner's astronomische Abhandlungen 2. Sammlung, S. 181. 1774.

[2]) W. Derham. Extracts from Mr. Gascoigne's and Crabtrie's lettres proving Mr. Gascoigne to have been the inventor of the telescopick sights of mathematical instruments and not the French. Phil. Trans. Vol. XXX, p. 603. London 1717 — 1719.

Es giebt verschiedene Arten von Mikrometern, von denen jedoch hier nur die, die bei physiologischen Versuchen Anwendung finden, beschrieben werden sollen.

a. Das Fadenkreuz. Das Fadenkreuz besteht aus zwei Fäden, die, senkrecht auf einander stehend, in der Ocularröhre eines optischen Instrumentes angebracht sind.

Will man ein solches in der Ocularröhre eines Fernrohres oder eines Mikroskopes anbringen, so verfährt man nach Bessel [1]) am besten auf folgende Weise: Man nimmt den Ring, an welchem die Fäden ausgespannt werden sollen, aus der Ocularröhre heraus und ritzt auf demselben zwei radiär gerichtete Linien ein, die in ihrer Verlängerung natürlich senkrecht auf einander stehen. Dann zieht man einen Faden aus einem Spinnenneste, reinigt ihn durch mehrmaliges Hindurchziehen durch die Finger von anhängendem Staube, haucht ihn an und klebt ihn so über den Ring, dass der Faden einer der auf den Ring gezeichneten Linie entspricht. Als Klebemittel empfiehlt Welcker [2]) gebleichten Copalfirniss. Das Reinigen des Spinnenfadens von anhängendem Staube kann man sich dadurch ersparen, dass man irgend eine Spinne aus der Gattung Epeira Walck., aus der man fast überall an Hecken, Zäunen etc. einen Repräsentanten findet, fängt und von ihr einen Faden spinnen lässt. Bauernfeind [3]) empfiehlt zu diesem Zwecke das Thier auf einen Zweig eines gabelförmigen Reisigs zu setzen und es dann abfallen zu lassen. Beim Herabfallen spinnt das Thier einen sehr feinen Faden, den man durch Umdrehen der Gabel aufhaspeln kann.

Eine andere sehr bequeme und einfache Methode, Fadenkreuze herzustellen, giebt Welcker [4]) an. Das Verfahren besteht darin, dass man diametral einander gegenüber liegende Stellen des Blendungsrandes mit einem Tröpfchen Canadabalsam benetzt und sodann mit dem Kopfe einer Stecknadel von der einen dieser Benetzungsstellen zu der anderen einen Faden aus der Balsammasse hinüberführt. Man erhält so einen trefflichen Faden ausgespannt, dessen Dicke man ganz in seiner Gewalt hat und der an Gleichmässigkeit und Dauerhaftigkeit einem Spinnenfaden nicht im mindesten nachsteht.

Dass das Anfangsstück eines zu spannenden Fadens nicht zu dick ausfällt, vermeidet man dadurch, dass man den Faden nicht von dem inneren Blendungsrande aus, sondern von dem Planum der Blendung ausspannt. Oefters geschieht es, dass nach Ausspannung des ersten

---

[1]) Artikel Fernrohr in Gehler's physikalischem Wörterbuche Bd. IV. Erste Abtheilung, S. 188. 1827. Briefliche Mittheilung Bessel's an den Bearbeiter des Artikels.

[2]) Welcker. Beschreibung eines genauen leicht herstellbaren mikroskopischen Messapparates. Zeitschrift für rationell. Med. Bd. 10, S. 6. 1851.

[3]) Bauernfeind. Elemente der Vermessungskunde Bd. I, S. 104. 1873.

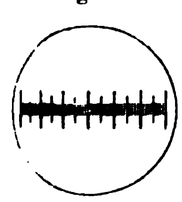
[4]) Welcker. Ueber Aufbewahrung mikroskopischer Objecte nebst Mittheilungen über das Mikroskop und dessen Zubehör. Giessen. S. 32. 1856.

Fadens beim Spannen des zweiten der erstere etwas verzogen und das Kreuz dadurch unsymmetrisch wird. Die Correctur gelingt leicht, wenn man an den Anheftungsstellen der Fäden mit der Nadelspitze streicht und die Fäden zurechtrückt. Gut thut man, wenn man vorher probirt, ob der Balsam die passende Consistenz hat; ist der Balsam zu dünnflüssig und fallen die Fäden zu fein aus, so lässt man ihn an der Luft etwas trocknen. Ein Vortheil dieses Verfahrens nach Welcker ist unter anderen der, dass es nicht nöthig, die Ocularblendung aus dem Oculare herauszunehmen.

Statt dieser Fäden, die allerdings jeder Zeit wieder hergestellt werden können, empfiehlt Breithaupt in Kassel[1]), Striche in beliebiger Anordnung, Feinheit und Stärke auf einer dünnen Glasplatte einzuschneiden und diese Glasplatte an derselben Stelle anzubringen, wo sonst das Fadenkreuz sich befindet. Carl[2]) hebt die Vorzüge dieser Mikrometer in seinem Repertorium hervor.

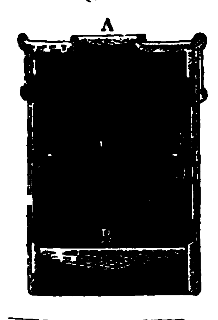
b. **Das Ocularmikrometer.** Zur Bestimmung der Grösse mikroskopischer Objecte benutzt man häufig das sogenannte Ocularmikrometer. Dasselbe besteht aus einer kreisrunden Glasplatte, auf der sich eine feine Theilung in $^1/_{10}$ oder $^1/_{20}$ mm befindet, wie Fig. 15 schematisch angiebt.

Fig. 15.



Von 5 zu 5 Theilen sind die Theilstriche zur Erleichterung des Zählens etwas länger ausgezogen. Das Ocularmikrometer liegt mit der Theilung nach unten auf dem Diaphragma, das sich bei zusammengesetzten Mikroskopen zwischen Ocular und Collectivlinse befindet. Fig. 16 giebt den Durchschnitt eines Oculars 4 mit Mikrometer nach Hartnack in natürlicher Grösse. *A* ist die Ocularlinse, *B* die Collectivlinse, *C* das Mikrometer, *D* das Diaphragma. *E* dient zur Befestigung des Mikrometers.

Fig. 16.



$\frac{1}{1}$

Soll die Grösse eines mikroskopischen Objectes mittelst des Ocularmikrometers bestimmt werden, so wird zunächst das Ocular so lange gedreht bis die Theilung senkrecht zu dem Theil des optischen Bildes steht, dessen Ausdehnung gemessen werden soll; alsdann zählt man die Theilstriche ab, welche das Object bedecken. Auf diese Weise erhält man nach einander die verschiedenen Dimensionen des optischen Bildes. Zur Berech-

[1]) Neue Kreuze und Netze für Fernröhren, welche unveränderlich sind und sich von etwaigem Staub ohne besondere Vorsicht reinigen lassen. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 172, S. 259. 1864.

[2]) Carl. Netze und Kreismikrometer auf Glas für Mikroskop und Fernrohre von F. W. Breithaupt u. Sohn in Kassel. Carl's Repertorium für physikalische Technik Bd. II, S. 34. 1867.

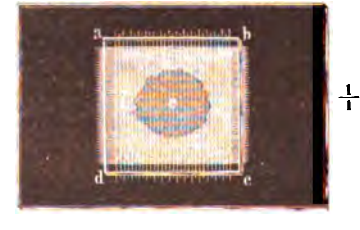
nung der absoluten Objectgrösse muss man nun die vergrössernde Kraft des Objectives oder statt deren die des Oculars und die des gesammten Mikroskopes kennen. Da das Mikrometer an die Stelle kommt, wohin das vom Objectiv erzeugte Bild geworfen wird, so erfahren beide von Seite des Oculars eine gleichmässige weitere Vergrösserung. Ist nun z. B. das Mikrometer in $^1/_{20}$ Millimeter eingetheilt, die vergrössernde Kraft des Oculars eine 10 fache, die des gesammten Mikroskopes eine 500 fache, die des Objectives also eine 50 fache, so decken sich mit den Abständen auf dem Mikrometer 50 fach kleinere Stücke des Objects; ein Theilstrichabstand auf dem Mikrometer entspricht also dem einer Dimension von $^1/_{1000}$ mm im Objecte.

Einfacher gestaltet sich die soeben beschriebene Rechnungsart, wenn man den Werth eines Theilstrichabstandes des Ocularmikrometers für die verschiedenen Linsencombinationen des Mikroskopes ein- für allemal mit Hülfe einer zweiten, feineren, ebenfalls in Glas eingeritzten Scala bestimmt, die gleichsam als Probeobject benutzt wird. Man nimmt dazu Glastafeln, auf denen 1 Millimeter in 100 Theile getheilt ist. Eine derartig getheilte Glastafel, die jeder Optiker seinen Mikroskopen auf Verlangen beifügt, legt man anstatt eines Objectes auf den Objecttisch des Mikroskopes und bringt durch passende Verschiebung 2 Theilstriche der beiden Mikrometer zur Deckung. Entspricht dann in Folge der Vergrösserung durch das Objectiv etwa 1 Theilstrichabstand, d. h. $^1/_{100}$ Millimeter der auf dem Objecttisch befindlichen Glasplatte 5 Theilstrichen des Ocularmikrometers, so bedeutet, so lange das Linsensystem des Mikroskopes nicht gewechselt wird, 1 Theilstrich des Ocularmikrometers $^1/_{500}$ Millimeter des Objectes.

In dieser Weise bestimmt man bei seinem Mikroskope den Werth eines Theils des Ocularmikrometers für dessen verschiedene Linsensysteme ein- für allemal und legt sich zweckmässig hierüber eine Tabelle an.

c. Das Zahlenmikrometer. Das Zahlenmikrometer von Welcker[1]), besser wohl Zählmikrometer genannt, dient zum Zählen von Objecten im Gesichtsfelde. Dasselbe besteht aus einer Glasplatte von 40 Millimeter Länge und 27 Millimeter Breite, in das in Abständen von je 0·51 Millimeter 31 senkrecht stehende 20 Millimeter lange Linien eingravirt sind, die von 241 ebenso langen, aber achtmal enger stehenden horizontalen Linien gekreuzt werden. Das Mikrometer besitzt mithin 30 senkrecht stehende, breitere Bahnen,

Fig. 17.



$\frac{1}{1}$

[1]) Welcker. Zahlenmikrometer, eine neue Form der auf Glas getheilten Gitter. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 130, S. 267. 1853.

deren jede durch die horizontalen Querlinien in 240 oblonge Feldchen zerfällt. In Fig 17 ist das Welcker'sche Zahlenmikrometer in natürlicher Grösse abgebildet. Die getheilte Stelle ist mit einem Deckgläschen *abcd* bedeckt, das Object ist *e*. Jede einzelne der erwähnten 30 Bahnen ist durch Zeichen numerirt, die in mit dem Diamante eingeritzten Strichen von zweierlei Längen und zweierlei Abständen bestehen, nämlich:

| = 1 || = 2 ||| = 3 |||| = 4 || 5 || || = 8 | = 10 | ||| = 16 || = 20 u. s. w.

Die Grösse der Felder sowie die Stärke der einzelnen Striche sind für eine 150- bis 300 fache Linearvergrösserung berechnet.

Die Art und Weise, wie man das Untersuchungsobject auf das Gitter bringt, hängt vorzüglich von der Beschaffenheit des Objectes ab. Kleine trockne Partikelchen können zur Zählung einfach über das Gitter ausgestreut werden und falls sie das Gitter nicht ritzen, durch Bewegung des darüber gelegten Deckgläschens gleichmässiger vertheilt werden. Objecte, die in einer dünnen Flüssigkeit suspendirt sind, werden durch Schütteln gleichmässig vertheilt und alsdann auf das Mikrometer gebracht. Ist es gestattet, die Objecte mit Gummischleim zusammenzurühren und hiervon auf einem Deckgläschen eine dünne Schicht, die alsbald eine Kruste bildet, aufzutragen, so erhält man, wie Welcker sich ausdrückt, eine wunderbar gleichmässige Vertheilung der Zählobjecte. Die Grösse, welche man dem Gummiflecke oder dem zu durchzählenden Terrain am besten giebt, richtet sich nach der Reichlichkeit der zu erwartenden Zählobjecte; doch liegt im Ganzen kein Vortheil darin, den Flecken recht gross zu machen. Vier Felder mit je fünf Körperchen sind rascher und sorgloser durchgezählt als ein einziges von zehn Körperchen; in keinem Falle darf das Object bis ganz an den Rand des Deckgläschens reichen. Die Zählung wird durch das im Ocular liegende Fadenkreuz geregelt; das unterhalb des Fadens liegende Oblongum ist stets dasjenige, in welchem gezählt wird. Die Durchführung des Objectes durch das Sehfeld geschieht entweder mit freier Hand, zweckmässiger aber durch einen besonderen Verschiebungsapparat; eine solche Vorrichtung kann man sich leicht in Gestalt eines Messingstäbchens construiren, das in einem Rahmen gleitend, von einer Mikrometerschraube dirigirt, das Mikrometer vorwärts schiebt [1]).

4. Die Mikrometerschraube.

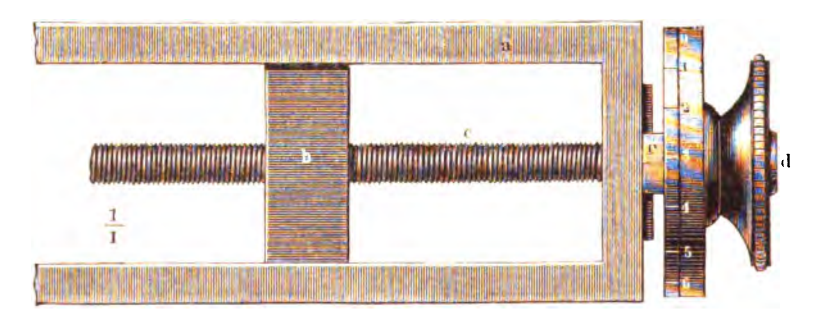
Mikrometerschrauben nennt man im Allgemeinen feine mit nahe an einander stehenden Windungen versehene Schrauben. Dieselben dienen einestheils zur feinen Einstellung einer Marke an Messapparaten, wobei

[1]) Diejenigen, welche sich des Weiteren über die verschiedenen Arten der Mikrometer unterrichten wollen, finden das Nöthige in Gehler's physikalischem Wörterbuche, Artikel Mikrometer, Bd. VI, S. 2154 bis 2187. 1837. Karsten, Einleitung in die Physik S. 526 bis 541. 1869. Harting l. c. Bd. II, S. 226 bis 274. Bd. III, S. 362 bis 397.

gewöhnlich die männliche Schraube feststeht und nur um sich drehbar ist, während die Mutterschraube in einem Rahmen gleitet, anderentheils dienen sie aber auch um den Abstand zweier Punkte von einander zu ermitteln.

Erstere Anwendung versinnlicht Fig. 18 in natürl. Grösse, in der *a* einen metallenen Rahmen darstellt, in den ein Metallstück *b*

Fig. 18.



eingesetzt ist, das als Schraubenmutter dient und sich vor- und rückwärts bewegen lässt. Wird die Schraube *c* mittelst des geränderten Kopfes *d* gedreht, so wird das Stück *b* je nach der Drehung vorwärts oder rückwärts bewegt.

Will man die Mikrometerschraube zu messenden Versuchen benutzen, so ist es nothwendig, dass man die Anzahl der genau gleich weit von einander abstehenden Windungen kennt, welche auf eine bestimmte Länge gehen. Die Höhe eines Schraubenganges ermittelt man am leichtesten durch die Vorrichtung selbst, indem man parallel mit der Schraubenspindel einen sehr genauen Maassstab legt und auf der Mutter einen Zeiger befestigt, welcher bis an die Theilung des Maassstabes reicht. Indem man hierauf die Spindel dreht und so den Zeiger mit der Schraube durch eine bestimmte Länge des Maassstabes führt, zählt man dabei genau die Anzahl der Umdrehungen. Der Weg der Mutter durch die Zahl der Umdrehungen der Spindel dividirt, giebt als Quotient die Höhe des Schraubenganges in derselben Längeneinheit, die für den Weg gewählt wurde. Kommen z. B. auf 1 Millimeter fünf Windungen der Schraube, so ist es klar, dass durch jede vollständige Umdrehung der Schraube, nach welcher Richtung dieselbe auch geschieht, eine Bewegung von $^1/_5$ Millimeter bewirkt wird.

Um auch noch Unterabtheilungen eines Schraubenganges in Rechnung ziehen zu können ist mit dem Kopfe *d* eine kreisförmige Scheibe, die sogenannte Trommel, verbunden, welche an ihrem Rande eine Theilung in 10 oder 100 Intervalle besitzt, so dass mittelst des Index *e* die Drehung noch in Bruchtheilen der Theilung der Trommel angegeben werden kann. Darauf beruht die Construction eines Apparates, der sich

vorzüglich eignet, kleine Höhenunterschiede auszuwerthen. Es ist dies das Sphärometer.

5. Das Sphärometer.

Das Sphärometer, Fig. 19 $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus einem Dreifuss *a* mit stählernen Spitzen *b b b*, durch dessen Mitte bei *c* eine Mikrometerschraube *d* geht, deren Gänge eine Höhe von 0·5 mm haben. Concentrisch mit der Axe von *d* ist bei *e* ein kreisförmiger Ring befestigt, dessen äusserer Rand in 500 Theile getheilt ist. *d* selbst endet bei *f* in einen geränderten Knopf, bei *g* aber in eine feine stählerne Spitze. Dreht man die Mikrometerschraube bei *f*, so hebt und senkt sich die Spitze *g*. Der Weg, den die Schraube dabei zurücklegt, wird an dem in $^1/_2$ Millimeter getheilten Maassstabe *h* gemessen, welcher zugleich als Index dient. Der Theilstrich 0 der Kreistheilung steht genau auf einen Theilstrich des Maassstabes ein. Der ganze Apparat ruht auf einer horizontalen vollkommen ebenen Glasplatte *i*.

Fig. 19.



Will man mit diesem Apparat z. B. die Dicke eines planparallelen Glasplättchens bestimmen, so verfährt man dabei auf folgende Weise. Man schraubt die Mikrometerschraube so weit herab, dass ihre Spitze ganz genau die Glasplatte *i* berührt. Man erkennt dies daran, dass wenn man mit zwei Fingern der einen Hand sanft auf zwei Füsse drückt und mit einem Finger der anderen auf den dritten Fuss aufklopft, kein Klappern entsteht, dies aber alsbald auftritt, sobald an dem Knopfe weiter nach abwärts gedreht wird. Hat man sich durch den Versuch überzeugt, dass *g* genau *i* berührt, so merkt man sich den Stand der Schraube an dem Maassstabe und der Theilung des Ringes. Hierauf dreht man die Mikrometerschraube in die Höhe, bis das Glasplättchen unter die Spitze *g* geschoben werden kann, schraubt wieder zurück, stellt die Mikrometerschraube auf die nämliche Weise ein und nimmt dann wieder die Ablesung vor.

Hat z. B. die erste Ablesung am Maassstabe 3 und an der Theilung des Ringes 50 ergeben, so bedeutet 3, da der Maassstab in 0·5 mm eingetheilt ist, 1·5 mm, und 50, da der Theilstrich 0 der Kreistheilung genau auf einen Theilstrich des Maassstabes einsteht, $^{50}/_{500}$ Theile eines Schraubenganges, oder da die Höhe eines Schraubenganges 0·5 mm ist, 0·05 Millimeter. Die erste Ablesung ergiebt somit 1·55 mm Höhe.

Ergiebt die zweite Ablesung am Maassstabe 7 und an der Kreistheilung 290, so bedeuten diese Zahlen 3·5 mm, und $^{290}/_{500}$ Theile des

Schraubenganges = 0·29 Millimeter; die Höhe ist also = 3·79 mm. Die Differenz der beiden gefundenen Werthe 3·79 mm — 1·55 mm = 2·24 mm giebt die Dicke des Glasplättchens an.

Ist die Dicke eines Körpers zu messen, der nicht direct unter das Sphärometer gelegt werden kann, z. B. die Dicke eines Haares, so legt man zunächst ein planparalleles Glasplättchen unter das Sphärometer und bestimmt die Höhe der Schraubenspitze, dann legt man das Haar unter das Glasplättchen und bestimmt wiederum die Höhe der Spitze. Die Differenz beider Stellungen giebt die Dicke des Haares an.

Dieses Instrument wurde von Perreaux [1]) vorvollkommnet. Die Vervollkommnung besteht darin, dass die drei Füsse beweglich sind, so dass man sie der Messschraube soweit nähern kann, dass die drei Spitzen in einem Kreise von nur drei Centimeter liegen.

Beim Gebrauche des Instrumentes ist es von der höchsten Wichtigkeit, dass die Glasplatte *i*, auf welcher der Apparat ruht, vollkommen eben ist. Die Prüfung der Glasplatte nimmt man durch das Instrument selbst vor, indem man dasselbe auf der Platte hin- und herschiebt und genau beobachtet, ob sich die Spitze zur Glasplatte überall gleich verhält.

Im Allgemeinen prüft man nach Kater [2]) eine Oberfläche am besten dadurch auf ihre Ebenheit, dass man auf dieselbe in verschiedenen Richtungen eine Claviersaite von 0·25 mm Durchmesser, die auf einem 1·8 m langen Bogen straff gespannt ist, legt und nun zusieht, ob sich dieselbe auch überall genau der Oberfläche anschmiegt.

6. Das Kathetometer.

Das Kathetometer ist ein Apparat, der dazu dient, kleinere oder grössere Höhenunterschiede zu messen. Derselbe wurde ursprünglich von Dulong und Petit [3]) construirt, von Pouillet vergrössert und Kathetometer genannt. Fig. 20 $^1/_8$ nat. Gr. stellt ein solches von Staudinger in Giessen construirtes Kathetometer dar. Auf einem massiven mit drei Stellschrauben versehenen Fuss ist eine massive eiserne Stange angebracht, um welche sich eine Hülse *a* frei drehen und mittelst der Stellschraube *n* in einer beliebigen Stellung feststellen lässt. Die Hülse ist in der Zeichnung in der Mitte weggenommen, so dass die eiserne Stange sichtbar wird. Auf der einen Seite dieser Hülse ist ein eiserner

[1]) Perreaux. Rapport sur un sphéromètre à pieds mobiles. Compt. rend. XXVIII, p. 282. 1849. Auch Sphaerometer von Perreaux. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 118, S. 187. 1850.

[2]) Kater. On the error in Standards of linear measure, arising from the thickness of the bar on which they are traced. Philosoph. Transact. 1830. Part. II, p. 375.

[3]) Dulong et Petit. Recherches sur la mesure de températures et sur les lois de la communication de la chaleur. Annal. de chim. et de phys. T. VII, p. 132. 1817.

Maassstab *bb*, der eisernen Stange genau parallel, angebracht, auf der anderen Seite ist der als Gegengewicht gegen den Maassstab dienende

Fig. 20.

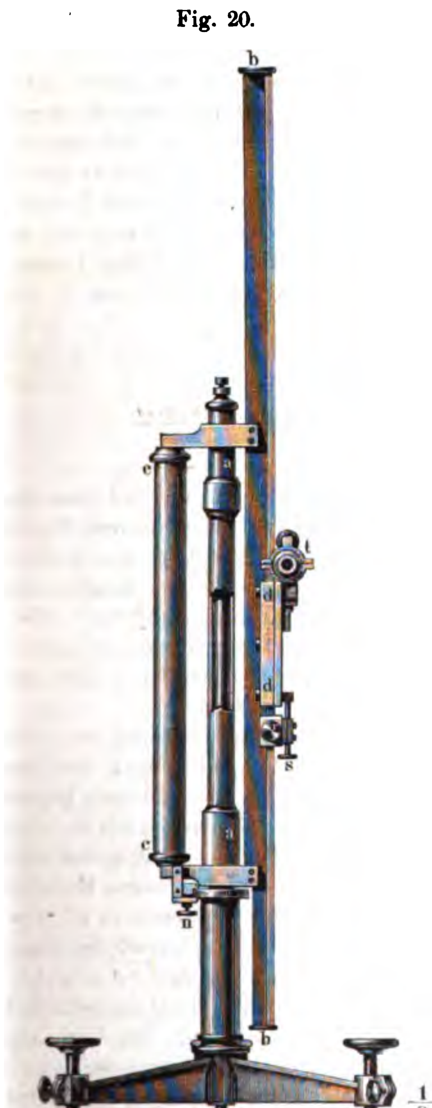


Fig. 21.



Messingcylinder *c c* befestigt. Auf der vorderen Fläche von *b b* befindet sich der Maassstab, wie in Fig. 21 1/8 nat. Gr. zu sehen ist. Auf dem Maassstabe *bb* gleitet ein Schieber *d*, der bei *f* mit einem Nonius versehen ist und durch die Stellschraube *r* in einer beliebigen Höhe festgestellt werden kann; zur feineren Einstellung dient die Mikrometerschraube *s*. Durch den Schieber *d* kann ein horizontales Fernrohr *t*, das in zwei Gabeln auf dem Schieber ruht, an dem Maassstabe *bb* hin- und herbewegt werden.

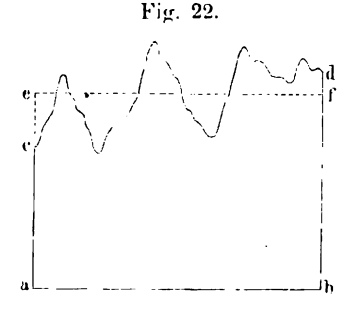
Will man mit dem Kathetometer messende Versuche machen, so ist vor Allem nothwendig, dafür zu sorgen, dass die eiserne Stange und der Maassstab genau senkrecht stehen, sowie dass

die Axe des Fernrohres senkrecht zu dem Maassstabe steht. Man erzielt dies durch Schrauben an den Stellschrauben des Fusses einerseits, andererseits durch Regulirung des Standes der Luftblase in der über dem Fernrohre angebrachten Libelle. Soll nun der Abstand zweier Punkte mit dem Kathetometer gemessen werden, so stellt man das Kathetometer in einiger Entfernung davon auf und schiebt zuerst das Fernrohr genau so hoch, dass der Kreuzungspunkt des Fadenkreuzes im Fernrohr den einen Punkt genau deckt und liest am Nonius den Stand des Fernrohres ab; dann schiebt man das Fernrohr so weit herauf oder herab, bis dass der Kreuzungspunkt des Fadenkreuzes genau den andern Punkt deckt und liest abermals ab. Der Unterschied der beiden Ablesungen giebt den Höhenunterschied der beiden Punkte an.

II. Die Bestimmung der Fläche.

Die Bestimmung der Grösse einer Fläche kann nur bei einer Anzahl regelmässiger Figuren direct aus der Messung einer linearen Dimension abgeleitet werden. So ist z. B. die Fläche des Kreises $= r^2 \pi$, der Ellipse $= ab\pi$ etc. Die Auswerthung unregelmässig begrenzter Flächen kann nur indirect geschehen.

Fig. 22.



Bei physiologischen Untersuchungen kommt die Auswerthung unregelmässig begrenzter Flächen namentlich da vor, wo es gilt, aus den Angaben registrirender Instrumente Mittelwerthe abzuleiten. Ist z. B. aus dem Stück der Kymographioncurve *cd*, Fig. 22, der mittlere Druck abzuleiten, so ist, wenn die Abscisse *ab* die Linie des Nulldruckes ist, der mittlere Druck während dieser Zeit *ac* oder *bf*, d. i. die Höhe eines Rechteckes *acfb*, dessen Inhalt gleich ist dem Inhalte der Fläche *acdb*, deren Begrenzungen die Curve *cd*, die Linie *ab* und die Ordinaten *ac* und *bd* bilden. Wenn also aus Curven bei gegebener Abscisse Mittelwerthe abgeleitet werden sollen, so gilt es, unregelmässig begrenzte Flächen auszuwerthen. Die Lösung dieser Aufgabe kann durch verschiedene Methoden erzielt werden, entweder durch das Schätzquadrat, oder auf geometrischem Wege oder dadurch, dass man die auszuwerthende Fläche aus Stanniol oder Papier ausschneidet und wiegt, und das Gewicht mit dem Gewichte eines aus demselben Material geschnittenen Quadrates von bekannter Seite vergleicht, oder durch die Planimeter.

1. Ermittelung des Flächeninhaltes durch das Schätzquadrat.

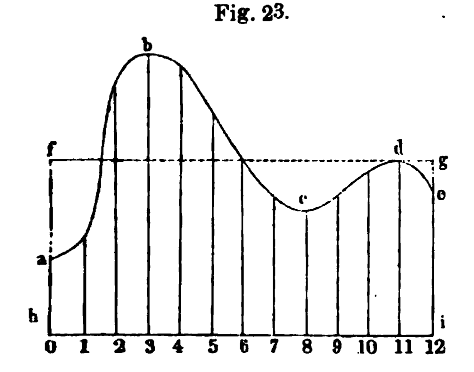
Ein Schätzquadrat stellt man sich dadurch her, dass man auf Oelpapier eine Reihe von Quadraten, etwa Quadratmillimeter, aufzeichnet und dieses Papier auf die auszuwerthende Fläche legt. Indem man nun die Anzahl der Quadrate abzählt, welche vollständig innerhalb der Fläche zu liegen kommen und hierzu die Bruchtheile der Grenzquadrate addirt, welche nach dem Augenmaass von der auszuwerthenden Fläche eingenommen werden, erhält man die Grösse der Oberfläche. Statt des Oelpapiers kann man sich auch eines Rahmens von Holz oder Pappe bedienen, auf dem Fäden oder feine Drähte quadratisch ausgespannt sind. Es liegt in der Natur dieser Methode, dass dadurch ein nur annähernder Werth erzielt werden kann.

Die mittlere Ordinate erhält man dadurch, dass man den Flächeninhalt durch die Länge der Abscisse dividirt.

2. Ermittelung des Flächeninhaltes auf geometrischem Wege.

Bei dieser Methode ermittelt man den Inhalt einer unregelmässig begrenzten Fläche dadurch, dass man sie durch eine Gerade in zwei Theile zerlegt und auf dieser in beliebigen gleich weit von einander abstehenden Punkten Senkrechte bis an die Umgrenzung errichtet. Durch Addition dieser Senkrechten, Ordinaten genannt, und Division durch die Anzahl der Intervalle erhält man eine mittlere Ordinate, mittelst der und der zuerst gezogenen Geraden man ein Rechteck construiren kann, das den Flächeninhalt der auszuwerthenden Figur annähernd angiebt. Das Resultat wird um so genauer, je mehr Ordinaten gezogen werden.

Fig. 23.



Diese Methode kann man benützen, um aus den Angaben registrirender Instrumente Mittelwerthe abzuleiten. Ist z. B., Fig. 23, *abcde* eine Curve und *hi* die Abscisse, und soll aus dieser Curve ein Mittelwerth entnommen werden, so theilt man die Abscisse in beliebig gleiche Theile und errichtet in den Theilungspunkten Ordinaten. Die Summe sämmtlicher Ordinaten dividirt durch die Anzahl der Intervalle giebt annähernd den gesuchten Mittelwerth $hf = ig$. Das Rechteck *hfgi* hat annähernd den gleichen Flächeninhalt wie die unregelmässig begrenzte Fläche *habcdei*.

Ungleich genauer ist das folgende Verfahren, das den Feldmessern [1]) des vorigen Jahrhunderts schon bekannt war, das aber von **Volkmann** zuerst für physiologische Zwecke verwerthet wurde.

3. Ermittelung des Flächeninhaltes durch Wägung.

Diese Methode beruht darauf, dass sich Flächeninhalte beliebiger Figuren aus gleichgewalztem Stanniol oder gleichmässigem Papier wie ihre Gewichte verhalten. Zu dem Ende schneidet man die auszuwerthende Fläche aus Papier oder Stanniol aus und bestimmt das Gewicht des Ausschnittes. Hierauf scheidet man ein Quadrat von beliebigem aber bekanntem Inhalt aus demselben Materiale aus und bestimmt dessen Gewicht. Die Gewichte verhalten sich bei gleicher Dicke des Papiers oder Stanniols wie ihr Inhalt.

Um auf diese Weise z. B. bei Blutdruckversuchen den Mitteldruck zu bestimmen, spannte **Volkmann** [2]) auf den Cylinder des Kymographions einen Briefbogen aus, dessen Papierstärke von grösster Gleichmässigkeit war, zog dann zuerst die Abscisse und liess hierauf die Curve aufschreiben. In Fig. 24 sei AB die Abscisse und kkk die Curve. Ist diese gezeichnet, so nimmt man das Papier von dem Kymographion, errichtet in a und b die Senkrechten ac und bd und verbindet c und d durch eine Linie parallel ab. Das entstehende Rechteck $acdb$, dessen Höhe ac wir mit H bezeichnen, schneidet man mit einer Scheere aus und wiegt es. Das Gewicht sei G. Dann schneidet man die Curve genau aus und wiegt das zur Curve und Abscisse gehörige Stück C. Bezeichnet man das Gewicht dieses Stückes mit g, so kann man den Mitteldruck h durch Rechnung finden:

Fig. 24.

$$G : g = H : h.$$

Um sicher zu sein, dass das Papier eine ganz gleiche Stärke hat, schneidet man von demselben Bogen verschiedene Quadrate aus. Das Papier ist nur dann brauchbar, wenn die Gewichte dem quadratischen Inhalte der verschiedenen Stücke proportional sind.

---

[1]) **Mayer**. Gründlicher und ausführlicher Unterricht zur praktischen Geometrie Bd. III, S. 170. 1783.

[2]) **Volkmann**. Die Hämodynamik S. 170. 1850.

4. Ermittelung des Flächeninhaltes durch die Planimeter.

Die Planimeter sind Instrumente, die den Flächeninhalt einer ebenen Figur durch blosses Umfahren des Umfangs angeben. Wie Bauernfeind [1]) nachgewiesen, wurde das Princip dieser Instrumente von dem bayerischen Trigonometer J. M. Hermann 1814 erfunden und 1817 bereits angewandt [2]). Von den verschiedenen derartigen Instrumenten, die von Wetli [3]), Ernst, Hansen, Amsler [4]) etc. construirt wurden, geben wir anbei die Beschreibung des von Letzterem construirten sogenannten Polarplanimeters, als des bei weitem besten und am meisten angewandten.

Fig. 25 $^1/_2$ nat. Gr. zeigt das Amsler'sche Planimeter von oben, Fig. 26 $^1/_2$ nat. Gr. von der Seite gesehen. Das Instrument besteht aus

Fig. 25.

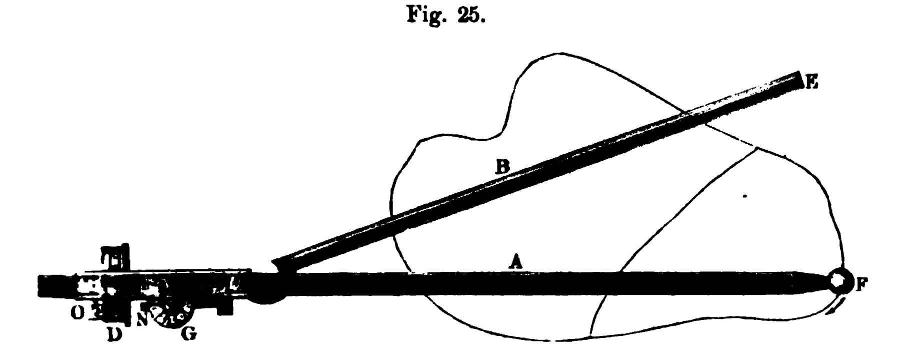
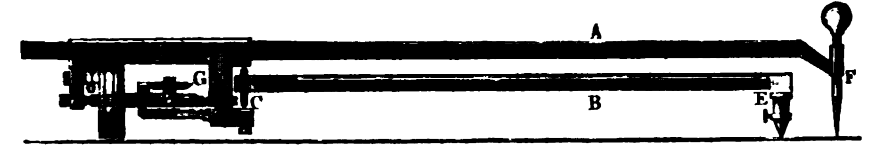


Fig. 26.



zwei messingenen Stäbchen A und B. Das Stäbchen A von 220 cm Länge ist an dem einen Ende mit dem Fahrstift F versehen und in dem

---

1) Bauernfeind. Zur Geschichte der Planimeter. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 137, S. 81. 1855.

2) Brücke lässt das Planimeter von Weltli erfinden. Brücke, Vorlesungen über Physiologie. Bd. I, S. 101. 1875.

3) Stampfer. Ueber das neue Planimeter des Ingenieur Caspar Wetli zu Zürich. Sitzungsber. der mathem.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Akad. d. Wissensch. Bd. IV, S. 134. 1850.

4) Amsler. Ueber das Polarplanimeter. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 140, S. 321. 1856.

messingenen Rahmen H verschiebbar, das Stäbchen B ist an dem einen Ende um eine innerhalb einer bestimmten Grenze horizontal drehbare Axe C befestigt, an dem anderen Ende ist eine Nadelspitze E zum Feststellen des Instrumentes angebracht. In dem Rahmen H gleitet in einer horizontalen Axe die Laufrolle D, die an ihrem äusseren Rande mit einer Theilung versehen ist. Am Rahmen H befindet sich eine Kreisscheibe G, die, um eine verticale Axe drehbar, durch eine an der Axe von D befindliche Schraube ohne Ende derart in Bewegung gesetzt wird, dass sie auf eine Umdrehung von D $^1/_{10}$ einer Umdrehung macht. An G können daher die ganzen Umdrehungen von D und am Vernier O die Bruchtheile derselben abgelesen werden.

Während jeder Messung hat das Stäbchen A eine unveränderliche Stellung gegen die Hülse H, und es wird dieselbe nur geändert, wenn man der Messung eine andere Flächeneinheit zu Grunde legen will.

Beim Gebrauche setzt man das Planimeter so auf, wie Fig. 25 anzeigt, dass nämlich die Rolle D, die Nadelspitze E und die Spitze des Fahrstiftes F aufsitzen. E drückt man sanft gegen das Papier und beschwert es noch mit einem Messingklötzchen. Sodann bringt man die Spitze F auf einen bezeichneten Punkt des Umfangs der zu messenden Figur und notirt den Stand der Rolle D an der Scheibe G und dem Vernier O. Man verfolgt dann von rechts nach links herum genau den Umfang der Figur mit dem Fahrstift, bis man auf den Ausgangspunkt zurückkommt, notirt wiederum den Stand der Rolle und subtrahirt die erste Ablesung von der zweiten.

Befindet sich die Spitze E ausserhalb der umfahrenen Figur, so giebt die gefundene Differenz Δ unmittelbar den gesuchten Inhalt an. Die Flächeneinheit, in welcher diese ausgedrückt ist, richtet sich nach der Stellung, welche der in der Hülse H mit mässiger Reibung verschiebbare Stab A einnimmt. Die an seiner oberen Kante angebrachte Theilung dient zur Einstellung für eine gewünschte Maasseinheit.

Befindet sich dagegen der Pol E innerhalb der umfahrenen Figur, so ist der Differenz Δ eine constante Zahl beizufügen, welche für jede Maasseinheit des Planimeters auf der Seitenfläche des Stäbchens A da angebracht ist, wo sich der einzustellende Theilstrich befindet. Aus praktischen Gründen empfiehlt es sich, so oft es die Ausdehnung der auszuwerthenden Figur erlaubt, die Spitze E ausserhalb des Umfangs anzubringen; wenn jedoch die Figur zu gross, so ist es empfehlenswerth, dieselbe durch Linien in mehrere zu zerlegen, dieselben gesondert auszuwerthen und die ausgemessenen Werthe zu addiren.

Um die Planimeter auf ihre Richtigkeit zu prüfen, beziehungsweise die auf dem Stabe A befindliche Eintheilung zu berichtigen, zeichnet man auf sorgfältig ausgespannte Papierflächen Kreise, Quadrate, gleichseitige oder gleichschenklige Dreiecke von 1000, 10 000 und 20 000 □ mm Inhalt und umfährt die Contouren dieser Figuren mit der grössten Sorg-

falt und Genauigkeit. Die Differenz zwischen beiden Ablesungen muss fast genau den bekannten Inhalt der Controlfiguren angeben.

Zur Erreichung vorzüglicher Ergebnisse wurde von dem preussischen Ministerium [1]) empfohlen, die Controlfiguren nicht durch Zeichnung herzustellen, sondern ein kleines Lineal von gehärtetem Messing zu benutzen, das mit Löchern in bestimmten Abständen versehen ist. Wird dann mit Hülfe einer durch Abkneifen mit einer Zange verkürzten Nähnadel das Lineal durch eines der Löcher auf einem ebenen, mit Papier überspanntem Reissbrette befestigt und der Fahrstift des Polarplanimeters in das entsprechende andere Loch gesetzt, so kann man mit dem Fahrstift einen Kreis um die feststehende Nadel beschreiben, welche den verlangten Flächeninhalt genau umfasst. Dabei kommt es dann nur darauf an, den Anfangspunkt der Untersuchung durch einen geraden Strich genau zu markiren und auf letzterem mit der Umfahrung wieder genau zu endigen.

Der Radius dieser Kreise gleich der Entfernung der Löcher von einander beträgt

bei	1000	□ mm	Flächeneinheit	= 17·84124 mm
„	10 000	„	„	= 56·41895 „
„	20 000	„	„	= 79·78845 „

Will man statt dieser Controlkreise auf Papier gezeichnete Controlfiguren anwenden, so empfiehlt die nämliche Verordnung, gleichseitige Dreiecke zu construiren, da diese leichter als andere Figuren in einer bestimmten Grösse genau gezeichnet werden können.

Es beträgt die Länge der Seite eines gleichseitigen Dreiecks

von	1000	□ mm	Flächeninhalt	= 48·05623 mm
„	10 000	„	„	= 151·96712 „
„	20 000	„	„	= 214·91399 „

Ergiebt sich nach der sorgfältigen Umfahrung obiger Controlkreise oder Controlfiguren bei den Ablesungen, dass die Differenz nicht genau der angegebenen Flächeneinheit entspricht, so hat man so lange den Stab *A* in der Hülse *H* hin- und herzuschieben bis die Differenz gleich der ursprünglich angegebenen Flächeneinheit ist. Diese Stelle markirt man auf das Genaueste durch einen Feilstrich. In der nämlichen Weise verfährt man, wenn man ältere Planimeter, deren Eintheilung nicht nach dem metrischen System getroffen ist, mit einer metrischen Einheit versehen will.

Ueber die Genauigkeit des Amsler'schen Polarplanimeters liegen Angaben von Eikemeyer vor, die Bauernfeind [2]) mittheilt. Eike-

---

[1]) Anleitung zur Einrichtung und zum Gebrauche des Polarplanimeters insbesondere bei der Anwendung des Metermaasses. Verordnung vom 23. Sept. 1868. Grundsteuerveranlagung betreffend.

[2]) Bauernfeind. Elemente der Vermessungskunde Bd. II, S. 197. 1873.

meyer arbeitete mit vier Planimetern. Aus zahlreichen Versuchen stellte sich heraus, dass die mögliche Genauigkeit der Amsler'schen Polarplanimeter etwa $1/_{1800}$ und die in gewöhnlichen Fällen mit einem vorzüglichen Instrumente zu erreichende $1/_{600}$ beträgt.

Um aus den Angaben des Planimeters bei Ausmessung von Curven die Grösse der mittleren Ordinate zu erhalten, wird der Inhalt der Curvenfigur einfach durch die Länge der Abscisse dividirt. Auf der Sternwarte zu Bern [1]) z. B. werden die Aufzeichnungen der Registrirapparate durch das Amsler'sche Planimeter ausgemessen und Mitteltemperatur, mittlerer Barometerstand etc. auf die angegebene Weise bestimmt.

III. Die Bestimmung des cubischen Inhaltes.

Die Bestimmung des cubischen Inhaltes eines Körpers durch die Bestimmung seiner linearen Dimensionen kann nur bei regelmässig mathematischen Körpern, z. B. Prismen, Cylindern, Kugeln, Kegeln etc., genau ausgeführt werden, von allen unregelmässig begrenzten Körpern kann der Inhalt nur annäherungsweise aus der linearen Messung ermittelt werden. Der Inhalt oder das Volumen solcher unregelmässig begrenzter Körper wird daher durch indirecte Methoden bestimmt; anders ist die Methode bei Hohlkörpern, anders bei Vollkörpern.

1. Die Bestimmung des Inhaltes von Hohlkörpern.

Die Bestimmung des Inhaltes von Hohlkörpern geschieht am besten durch Anfüllung derselben mit gemessenen Flüssigkeitsmengen. Das Abmessen der Flüssigkeiten geschieht in kalibrirten Gefässen. Solche kalibrirte Gefässe hat man in Gestalt von Messkolben, graduirten Cylindern, Pipetten und Büretten, von welchen im nächsten Abschnitte des Näheren die Rede sein wird.

2. Die Bestimmung des Volumens von Vollkörpern.

Die Bestimmung des Volumens von Vollkörpern geschieht durch Untertauchen des Körpers in einer Flüssigkeit und Ermittelung der verdrängten Flüssigkeit nach Volumen oder Gewicht. Die hier angewandten Methoden fallen grösstentheils mit denen zusammen, die zur Bestimmung des specifischen Gewichtes von festen Körpern ersonnen wurden. Werden die Körper unter Wasser getaucht, so erhält man zu gleicher Zeit

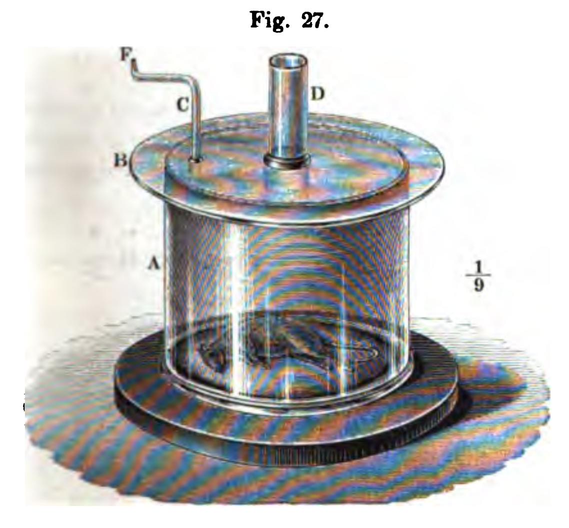
[1]) Wild. Die selbstregistrirenden meteorologischen Instrumente der Sternwarte in Bern. Carl's Repertor. der physikal. Technik Bd. II, S. 199. 1867

das Gewicht wie das Volumen der verdrängten Flüssigkeit, da 1 cbcm = 1 g ist.

a. Die Ermittelung des Volumens eines Körpers nach Osann. Zur Bestimmung des Volumens kleinerer Körper kann man mit Vortheil das Verfahren anwenden, das Osann [1]) zur Bestimmung des specifischen Gewichtes kleiner Objecte angiebt. Eine graduirte Bürette wird mit Wasser bis zu einer bestimmten Höhe gefüllt und der Flüssigkeitsstand abgelesen, dann wird der Körper, dessen Volumen bestimmt werden soll, in die Bürette gebracht und der Flüssigkeitsstand wieder abgelesen. Die Differenz zwischen den beiden Ablesungen giebt das Volumen des eingesenkten Körpers an.

b. Die Ermittelung des Volumens eines Körpers nach Karsten. Zur Bestimmung des Volumens grösserer sehr unregelmässiger Körper, wie Pflanzen und Thiere, wendet man äusserst zweckmässig den Apparat von Karsten [2]) an, Fig. 27 $^1/_9$ nat. Gr. Derselbe besteht aus dem Gefässe *A* von ungefähr 6 bis 8 Litre Inhalt, auf dessen eben geschliffenen Rand eine Glasplatte *B* luftdicht aufgesetzt werden kann. Die Platte *B* ist doppelt durchbohrt. In der einen Durchbohrung steckt eine scharf rechtwinklig gebogene in eine feine Spitze ausgezogene Glasröhre *C*, in der anderen Durchbohrung befindet sich eine weite Röhre *D*. Der Inhalt des Gefässes *A* wird ein- für allemal dadurch ermittelt, dass man so lange gemessene Mengen Wassers in das Gefäss eingiesst, bis aus der Glasspitze *F* Wassertropfen austreten; dieselben werden aufgefangen und in das Gefäss, in dem das Abmessen der Flüssigkeit geschah, zurückgebracht. Die Anzahl der verbrauchten Cubikcentimeter giebt den Inhalt des Apparates an. Die Bestimmung des Volumens eines Körpers wird mit diesem Apparate nun in folgender Weise vorgenommen. In den trocknen Glascylinder *A* wird der Körper gelegt. Dann wird die Platte *B* fest aufgedrückt und bei *D* so lange gemessene Men-

Fig. 27.



[1]) Osann. Einfaches Verfahren das specifische Gewicht fester Körper zu bestimmen. Poggendorff's Annal Bd. 106, S. 334. 1859.

[2]) Karsten. Einleitung in die Physik 1869, S. 561.

gen Wassers nachgegossen, bis Tropfen bei F austreten. Diese werden aufgefangen und in das Messgefäss zurückgebracht. Die Differenz zwischen der Flüssigkeitsmenge, die der Apparat leer erforderte, und der, die er mit dem Körper fasste, giebt das Volumen des eingetauchten Körpers an.

Wir führen keine Methoden zur Bestimmung des Volumens von Körpern durch Wägung an, da deren so viele sind, als es Arten von Bestimmungen des specifischen Gewichtes fester Körper giebt, wovon bei der Bestimmung desselben das Nähere angegeben werden wird.

IV. Die Bestimmung der Menge.

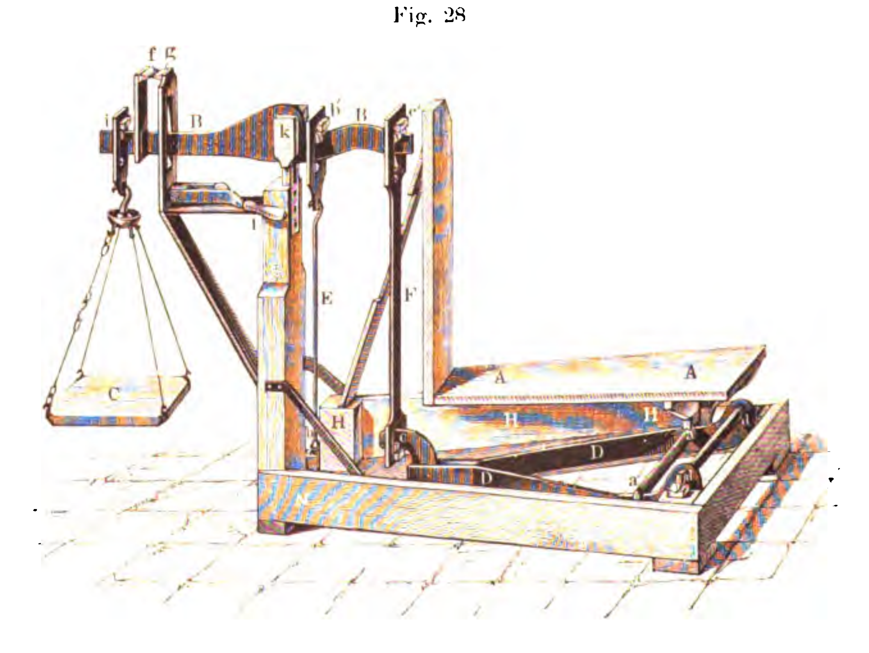
Die Bestimmung der Menge eines Körpers geschieht bei festen Körpern in der Regel durch das Wägen, bei flüssigen und gasförmigen Körpern durch das Messen.

1. Die Gewichtsbestimmung.

Von den verschiedenen Methoden der Wägung und den verschieden construirten Wagen sollen hier nur die Methode der Wägung mittelst der Decimalwage und die mittelst der analytischen Wage besprochen werden.

a. **Die Quintenz- oder Decimalwage.** Fig. 28 $^1/_{10}$ nat. Gr. stellt eine Brücken- oder Decimalwage dar, wie sie von dem Mechaniker

Fig. 28



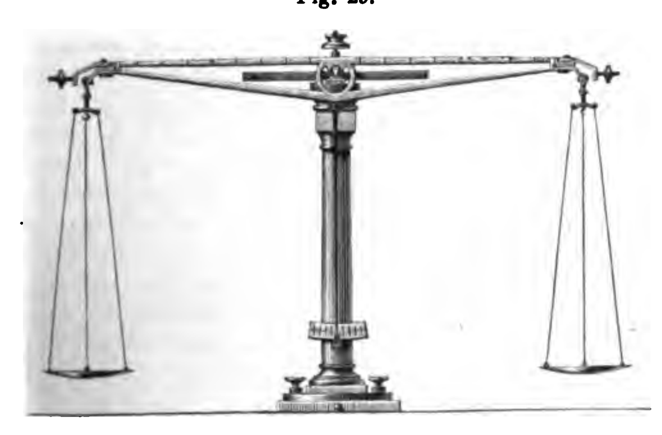
Quintenz[1]) zu Strassburg 1823 construirt wurde. Ein gabelförmiger einarmiger Hebel *D* ist auf zwei Schneiden ruhend um *d* drehbar und bei *c* vermittelst der Stange *F* bei *c'* an dem zweiarmigen um *k* drehbaren Wagebalken *B* aufgehängt, wobei um die Punkte *c* und *c'* eine Drehung beider Hebel *D* und *B* in verticaler Richtung erfolgen kann. Auf diesem Hebel ruht bei der Schneide *a* der hintere Theil des Rahmens *H*, welcher in der Figur der Deutlichkeit halber zu hoch gezeichnet ist, während der vordere Theil desselben bei *b* an der Stange *E* befestigt und bei *b'* gleichfalls an dem Wagebalken *B* aufgehängt ist. Auf dem Rahmen *H* ruht das Tragbrett *A*, von **Quintenz** die Brücke genannt.

Soll mit dieser Wage gewogen werden, so bringt man zunächst den Gegenstand auf das Tragbrett *A*, wobei, wie sich aus der Construction der Wage ergiebt, es gleichgültig ist, auf welcher Stelle des Tragebrettes der zu wägende Gegenstand aufliegt, schlägt den Hebel *l* herunter und legt so lange Gewichte auf die Wagschale *C*, bis die Schneiden *g* und *f* sich genau gegenüber zu stehen kommen. Ist dies der Fall, so wird zur Schonung der Schneiden der Hebel *l* wieder aufgeschlagen und das Gewicht notirt. Da die Decimalwage so construirt ist, dass das aufgelegte Gewicht den zehnten Theil des Gewichtes des abzuwägenden Gegenstandes bildet, so hat man, um das Gewicht des abgewogenen Gegenstandes zu erhalten, nur die aufliegenden Gewichte mit 10 zu multipliciren.

Wie sich von selbst versteht, ist bei dieser Wage wegen der grossen Anzahl von Drehungsaxen, die unter einander parallel sein müssen, eine feine Wägung nicht möglich.

b. **Die analytische Wage** Fig. 29, $^1/_7$ nat. Gr., besteht im Wesentlichen aus drei Theilen: einer festen Unterlage als Stütze für die Axe des Wagebalkens, dem Wagebalken selbst und den Wagschalen.

Fig. 29.



[1]) Neue Schnellwage des Herrn **Quintenz**, Mechanikers zu Strassburg, verbessert von Herrn **Rollé**. **Dingler's** polytechn. Journ. Bd. 14, S. 1. 1824.

Die Brauchbarkeit dieser Wage zu feinster Wägung hängt von deren Richtigkeit und Empfindlichkeit ab.

Eine Wage ist richtig, wenn der Wagebalken ohne oder mit den Schalen und nach Umtausch derselben stets seine horizontale Lage behauptet; wenn ferner stets der nämliche Ausschlag durch ein auf die eine oder andere Schale gelegtes Uebergewicht bei belasteter wie unbelasteter Wage statthat. Die Wage ist empfindlich, wenn die kleinsten bei den Abwägungen gebrauchten Gewichtstheile als Uebergewicht auf die eine oder andere Schale gelegt, einen wohl bemerkbaren constanten Ausschlag bewirken.

Um die Grösse eines Ausschlags bemessen zu können, ist in der Mitte des Balkens eine stählerne Nadel befestigt, die nach unten fast bis an den Fuss der Säule hinabreicht. Die Spitze dieser Nadel schwingt vor einer Elfenbeinplatte, die mit einer Millimetertheilung versehen ist.

Für jede feinere Wage ist es von grosser Wichtigkeit, dass sie eine gute Arretirung hat, d. h. dass sie leicht in den unbeweglichen Zustand übergeführt werden kann. In der Regel wird dies dadurch erreicht, dass ein in der Säule verborgener Mechanismus den Wagebalken hebt und die Mittelschneide von der Pfanne nimmt.

Um die Wage vor Staub zu schützen, ist dieselbe mit einem Glaskasten umgeben, der vorn und an den Seitenwänden mit Thürchen versehen ist. Zum Schutze der Wage gegen Feuchtigkeit und um hygroskopische Einflüsse während der Wägung möglichst auszuschliessen, stellt man zweckmässig ein Gefäss mit Aetzkalk oder Calciumchloridstückchen in den Wagekasten.

Das Wägen wird bei einer richtigen und empfindlichen Wage, deren Zeiger bei unbelasteten Wagschalen auf dem Nullpunkte steht, in folgender Weise vorgenommen. Der zu wägende Körper wird in einem passenden Gefäss von Platin, Glas, Porcellan, nie auf Papier oder Kartenblatt auf die linke Schale der arretirten Wage gelegt, die rechte Schale bleibt für die Gewichte reservirt. Dann nimmt man zunächst je nach der Grösse des Wägeobjectes mit der Pincette, nie mit den Fingern, ein Gewicht aus dem Gewichtskästchen, z. B. 10 g, und legt dasselbe auf die Schale, lässt die Arretirung los und sieht nach, ob das Object schwerer oder leichter als 10 g ist. Wir nehmen an, dass das Object leichter als 10 g ist. Die Wage wird arretirt, die 10 g werden herabgenommen und wieder in das Gewichtskästchen gebracht, nicht bei Seite gestellt. Das nächst niedere Gewicht in dem Gewichtskästchen ist 5 g. Man legt es auf die Wage, lässt die Arretirung los und sieht zu, nach welcher Richtung der Ausschlag des Zeigers erfolgt. Der Ausschlag erfolgt nach links, das Object ist schwerer als 5 g. Nun wissen wir, dass das Gewicht unseres Objectes zwischen 5 und 10 g liegt. Die Wage wird wieder arretirt und man legt das nächstfolgende Gewicht, 2 g, auf die Schale. Wiederum zeigt der Ausschlag des Zeigers an, dass das Object schwerer als 7 g ist. Die Wage wird wieder arretirt und man legt das nächstfolgende

Gewicht, 1 g, auf die Schale. Der Zeiger giebt an, dass das Object leichter als 8 g ist. Wir wissen nun, dass das Gewicht des Objectes zwischen 7 und 8 g liegt. Nun sind zu den 7 Grammen die Bruchtheile von Grammen hinzuzulegen, die das Object wiegt. Zu dem Ende befinden sich in dem Gewichtskästchen 9 Decigramme in Stücken von 5, 2 und 2 mal 1 Decigramm. Man legt zu den 7 Gramm 5 Decigramme auf die Wagschale der arretirten Wage. Nach dem Loslassen der Arretirung zeigt der Zeiger, dass das Object leichter als 7·5 Gramm ist; man nimmt deshalb das 5-Decigrammstück von der Wage, legt dasselbe in das bestimmte Fach des Gewichtskästchens und legt das 2-Decigrammstück auf die Schale. Man findet dass zwei zu viel sind, man legt deshalb 1 Decigramm auf die Wagschale. Der Ausschlag des Zeigers deutet an, dass das Object mehr als 7·1 Gramm wiegt. Nun weiss man, dass das zu wägende Object ein Gewicht hat, das zwischen 7·2 und 7·1 liegt. Man hat nun die Centigramme abzuwiegen, die sich im Gewichtskästchen in Stücken zu 5, 2 und 2 mal 1 Centigramm befinden. Man legt mit der Pincette das 5-Centigrammstück auf die Wage. Es zeigt sich, dass 5 Centigramme zuviel sind, man legt dasselbe in das Gewichtskästchen zurück, legt das 2-Centigrammstück dafür auf die Wage. Der Zeiger zeigt an, dass 2 Centigramme zu wenig sind, man legt deshalb ein 1-Centigrammstück noch dazu; wieder zeigt sich, dass das Object schwerer ist, man legt deshalb noch das andere 1-Centigrammstück auf die Schale und abermals zeigt sich, dass das Object schwerer ist. Man weiss nun, dass das Gewicht des zu wägenden Objectes zwischen 7·14 und 7·15 Gramm liegt.

Zur Auswerthung der Milligramme findet sich auf dem Wagebalken aller feineren Wagen eine Decimaltheilung mit 5 oder 10 Unterabtheilungen, so dass mit Centigrammstückchen, Fig. 30, nat. Gr., sogenannten Reiterchen[1]) Milligramme und deren Bruchtheile gewogen werden können. Setzt man ein derartiges Reiterchen auf den ersten Haupttheilstrich, so wirkt ein solches Reiterchen gerade soviel als 1 Milligramm auf der Wagschale, weil es an einem Hebelarme wirkt, der nur 0·1 der Länge des Wagebalkens hat; auf den Haupttheilstrichen 2, 3... wirkt dasselbe wie 2, 3... Milligramme, und auf den zwischen den Haupttheilstrichen angebrachten Theilstrichen wie 0·1; 0·2 etc. Milligramme. Das Aufsetzen des Reiterchens wird mit einer Pincette vorgenommen; bei den meisten Wagen findet sich indess die Einrichtung, dass die Reiterchen mittelst einer auf

Fig. 30.

[1]) Gahn hat zuerst die Eintheilung des Wagebalkens in 10 Theile vorgenommen und die Einrichtung des Reiterchens zum Abwägen von Milligrammen an der chemischen Wage getroffen, nicht Berzelius, wie überall angegeben wird. Berzelius selbst giebt in dem Artikel Wage und Wägen seines Lehrbuches die Eintheilung des Wagebalkens in 10 Theile sowie das Verfertigen des Reiterchens nicht mit seinen, sondern mit Gahn's Worten. Berzelius, Lehrbuch der Chemie, übersetzt von Wöhler. 1841, Bd. 10, S. 538.

einer Leitschiene befindlichen Vorrichtung, die ausserhalb des Glaskastens dirigirt werden kann, an jedem beliebigen Punkte der Theilung des Wagebalkens gebracht werden können. Trägt der Wagebalken keine Decimaltheilung, so wird die Auswerthung der Milligramme in der nämlichen Weise vorgenommen, wie dies bei der Benutzung der Deci- und Centigramme angegeben wurde; zu dem Ende finden sich in dem Gewichtskästchen 5, 2 und 2 mal 1 Milligrammstückchen.

Nehmen wir nun an, als wir unser Reiterchen am fünften Theilstriche aufsetzten, und die Arretirung lösten, wäre der Zeiger nach einigen Schwingungen am 0-Punkte stehen geblieben, so hätten wir endlich das Gewicht unseres Objectes bis auf Milligramme bestimmt und wir hätten nunmehr das Gewicht desselben aufzuschreiben.

Hat man während des Abwägens die Vorschrift befolgt, dass man keines der Gewichtsstücke, die nicht direct zum Abwägen gebraucht wurden, bei Seite stellte, sondern alle im Gewichtskästchen vereint liess, so nimmt man das Aufschreiben der Gewichte zunächst nach den Lücken im Gewichtskästchen vor. In unserem Beispiele fehlen in den Gewichtskästchen von den Grammen 5 und 2 = 7 Gramm, von den Decigrammen 1 Decigramm, von den Centigrammen 2 und 2 mal 1 Centigramm, das Reiterchen steht auf dem fünften Theilstrich, also wiegt unser Object sammt dem Gefässe 7·145 Gramm. Zur Controle werden die Gewichte auf der Wagschale beim Zurückbringen in das Gewichtskästchen aufs neue gezählt. Auf diese Weise wird das Gewicht des zu wägenden Objectes sammt dem Gefässe, in welchem dasselbe sich befindet, ermittelt. Um das Gewicht des Objectes allein zu bekommen, wird das Gefäss für sich gewogen, die Differenz giebt das Gewicht des Objectes. Z. B.:

Gewicht der Substanz und Tiegel	7·145
Gewicht des Tiegels	6·539
Gewicht der Substanz	0·606

Ich habe die Methode des Abwägens möglichst ausführlich geschildert und hoffe dadurch dem Lernenden wie dem Lehrenden einen Dienst erwiesen zu haben.

2. Die Volumbestimmung.

a. Das Messen von Flüssigkeiten. Das Messen von Flüssigkeiten geschieht in Messkolben, graduirten Cylindern, graduirten Pipetten und Büretten.

α. Die Messkolben sind Kochkolben von mässig dickem Glase, die je nach ihrer Grösse bis zur Marke am Halse 200 bis 2000 cbcm fassen. Fig. 31, 1/6 nat. Gr., stellt einen derartigen Messkolben, eine Literflasche, in seiner zweckmässigsten Form dar.

β. Die graduirten Cylinder sind Stehcylinder von Glas mit Glasfuss, auf deren Wandung je nach dem Durchmesser des Cylinders

eine Eintheilung von $^1/_2$ bis 20 cbcm eingravirt ist. Fig. 32, $^1/_6$ nat. Gr., zeigt einen solchen in 100 cbcm eingetheilten Cylinder, bei welchem 1 cbcm abgelesen werden kann. Damit der Cylinder durch eine Glasplatte, um einer Verdunstung vorzubeugen, luftdicht abgeschlossen werden kann, ist der Rand desselben abgeschliffen.

γ. Die graduirten Pipetten sind Glasröhren, die auf einer bestimmten Strecke ihrer Länge bauchig erweitert, ein bestimmtes durch

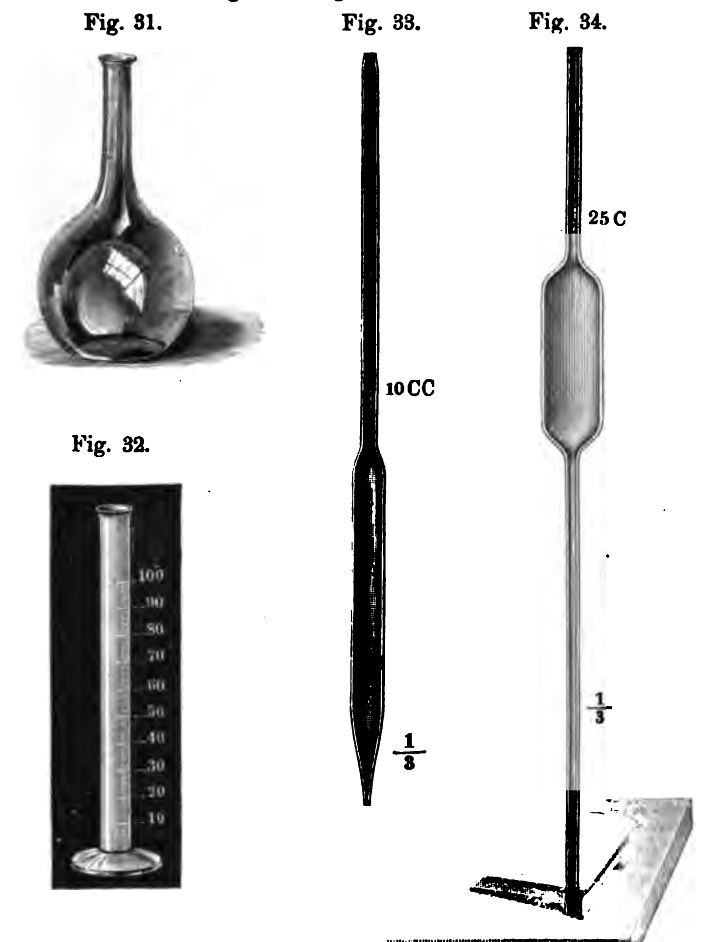


Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33. Fig. 34.

eine Marke markirtes Flüssigkeitsvolumen fassen. Man hat solche Pipetten von 1 bis 200 cbcm Inhalt. Die Pipetten bis zu 20 cbcm haben die Gestalt von Fig. 33, $^1/_3$ nat Gr. Die Pipetten über 20 cbcm haben gewöhnlich die Gestalt von Fig. 34, $^1/_3$ nat. Gr. Die Pipetten dienen dazu, um ein bestimmtes Volumen einer Flüssigkeit aus einem Gefässe herauszunehmen und in ein anderes zu bringen. Das Füllen derselben geschieht entweder,

durch Saugen mit dem Munde oder mittelst eines Kautschukschlauches bis die Flüssigkeit über der Marke steht, dann verschliesst man die obere Oeffnung mit dem Zeigefinger, lässt durch leichtes Lüften desselben die Flüssigkeit bis zur Marke abtropfen und dann auslaufen. Es macht einen Unterschied, ob man die Pipette in einem Strahle ausfliessen lässt, oder ob man sie beim Auslaufen an eine Gefässwand anlegt, oder ob man sie schliesslich noch ausbläst. Fresenius [1]) empfiehlt, die Pipette, während sie sich entleert, zuletzt an die nasse Gefässwand anzulegen, da dadurch die übereinstimmendsten Abmessungen erzielt werden.

δ. Die Büretten sind Messapparate, welche zum Abmessen beliebiger Flüssigkeitsmengen dienen. Von den verschiedenen Formen derselben beschreiben wir nur die Quetschhahnbürette von Mohr und die Gay-Lussac'sche Bürette.

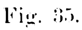
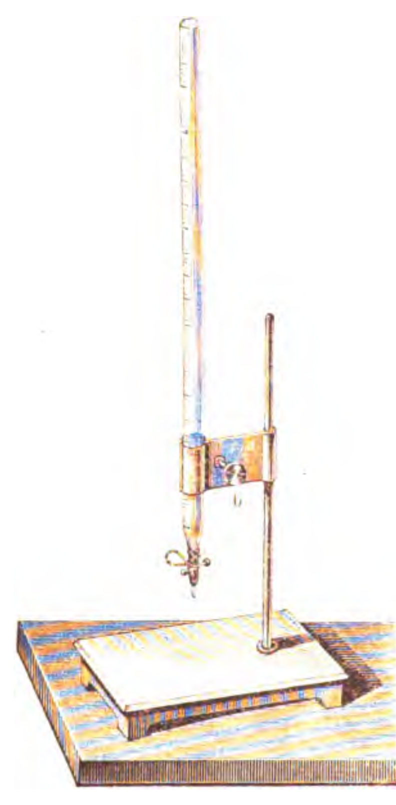


Fig. 35.



aa. Die Quetschhahnbürette von Mohr [2]).

Die Quetschhahnbürette von Mohr stellt Fig. 35, $^1/_7$ nat. Gr., dar. Wie man sieht, besteht dieselbe aus einer am unteren Ende verjüngten cylindrischen Glasröhre, auf welcher eine in ganze oder Bruchtheile von Cubikcentimetern aufgebrachte Theilung sich befindet. Ueber das verjüngte Ende der Röhre ist ein Kautschukröhrchen von etwa 30 mm Länge befestigt, in welcher eine ausgezogene Glasröhre eingesteckt ist; auf dem Kautschukröhrchen befindet sich der Quetschhahn, welcher so fest schliesst, dass kein Tropfen durchtreten kann. In Fig. 36 ist ein derartiger Quetschhahn in natürlicher Grösse abgebildet. Werden die Griffplättchen *a* gegen einander gedrückt, so öffnen

[1]) Fresenius. Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse 1871, S. 38.
[2]) Mohr. Ueber Verbesserungen im Titrirverfahren. Annal. der Chem. und Pharmac. Bd. 86, S. 131. 1853.

sich die Schenkel und die dazwischen geklemmte nunmehr freie Kautschukröhre gestattet den Durchfluss.

Statt der Büretten mit Quetschhahn giebt es auch Büretten mit Glashahn, deren Anwendung sich empfiehlt, wenn Flüssigkeiten abzumessen sind, welche Kautschuk angreifen.

Beim Gebrauche wird die Bürette bis über den 0-Punkt mit der Flüssigkeit gefüllt, dann öffnet man den Hahn und lässt die Flüssigkeit genau bis zum 0-Punkte auslaufen. Nun beginnt das Abmessen der Flüssigkeit, indem man durch Oeffnen des Hahns der Bürette soviel Flüssigkeit ablaufen lässt, als man braucht. Hierauf wartet man einige Minuten und beobachtet, ob nicht nachträglich das Niveau der Flüssigkeitssäule in der Bürette sich geändert hat. Ein Steigen des Niveaus findet man stets beim Abmessen zäher Flüssigkeiten, z. B. Blut. Ist dies eingetreten, so lässt

Fig. 36.

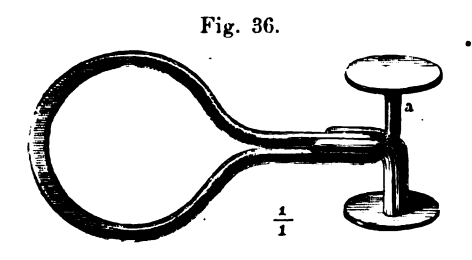


Fig. 39.



Fig. 37.



Fig. 38.

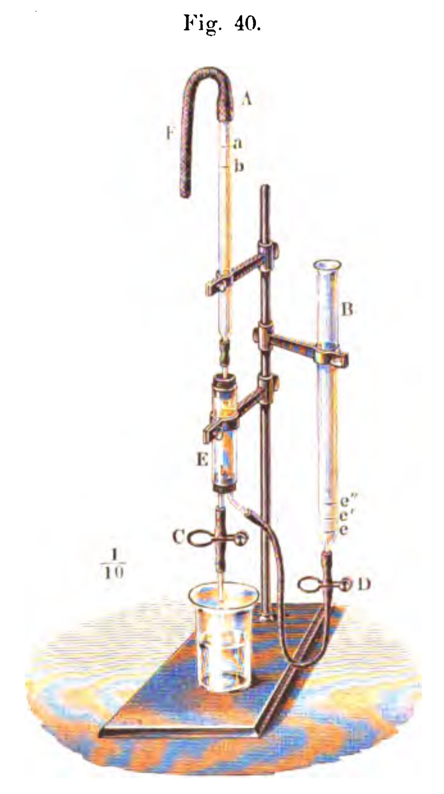


man den Theil, um den das Niveau nachträglich gestiegen ist, gleichfalls ablaufen und liest die Anzahl der verbrauchten Cubikcentimeter ab. Beim Ablesen ist zu beachten, dass das Auge mit dem Flüssigkeitsniveau in einer Ebene liegt, ferner dass keine Luftblasen auf der Oberfläche der Flüssigkeit das Ablesen unsicher machen. Liest man gegen eine hellbeleuchtete Wand ab, so erscheint das Flüssigkeitsniveau wie in Fig 37 nat. Gr., hält man dagegen hinter die Bürette ein Blatt weissen Papiers, so erscheint dasselbe wie in Fig. 38, nat. Gr. In beiden Fällen liest man an der unteren Grenzlinie der schwarzen Zone

ab, weil diese am schärfsten sich markirt. Kommt es auf ganz genaue Abmessung an, so bedient man sich des Erdmann'schen Schwimmers [1]). Denselben stellt Fig. 39 (a. v. S.) in nat. Gr. in einer Bürette dar. Bei seinem Gebrauche wird stets der Theilstrich an der graduirten Bürette abgelesen, welcher mit der in der Mitte des Schwimmers angebrachten Marke zusammenfällt. Soll der Schwimmer seinen Zweck erfüllen, so muss er in einem bestimmten Verhältniss zur Weite der Bürette stehen, so dass er beim Ablaufen der Flüssigkeit mit derselben ohne Schwankungen herabsinkt.

Das Ablesen beim Titriren geschieht nach Arendt [2]) auch äusserst leicht und scharf mit Hülfe eines um die Bürette gelegten verschliessbaren Messingringes, der nicht vollständig geschlossen ist und federnd an der Röhre haftet.

Fig. 40.



Die Prüfung der Büretten geschieht am einfachsten so, dass man in ein genau gewogenes Kölbchen 10 cbcm Wasser von 17·5° C. abfliessen lässt, dieses wägt, wieder 10 cbcm abfliessen lässt, aufs neue wägt etc. Bei einer richtigen Bürette müssen 10 cbcm Wasser von 17·5° C. 10 g wiegen.

Will man das Kalibriren der Büretten selbst besorgen, so kann man zweckmässig dabei sich des folgenden von Arendt construirten Apparates, Fig. 40, $^1/_{10}$ nat. Gr., bedienen, den man sich jederzeit leicht zusammensetzen kann. *A* ist eine Mohr'sche Bürette von 350 mm Länge und 7 mm Breite, die 10 bis 12 cbcm fast. Dieselbe steht durch einen Kautschukschlauch mit der Glasröhre *E*

---

[1]) Erdmann. Vermischte Mittheilungen. 1) Schwimmerbürette. Journ. für prakt. Chem. Bd. 71, S. 193. 1857.

[2]) Arendt. Ueber eine Methode zum Kalibriren der Quetschhahnbüretten. Chemisches Centralblatt 1856. N. F. I. Jahrgang, II. Bd., S. 866.

in Verbindung. Das untere Ende von *E* ist durch einen doppelt durchbohrten Kautschukschlauch verschlossen. In der einen Durchbohrung steckt eine Glasröhre, die durch den Quetschhahn *C* verschlossen werden kann, in der anderen ist eine Glasröhre befestigt, die durch einen Kautschukschlauch mit der zu kalibrirenden Bürette *B* in Verbindung steht. An dem Kautschukschlauch ist eine Klemme *D* angebracht.

Der Apparat wird nun zunächst in der Weise in Anwendung gezogen, dass man durch Saugen an dem Kautschukrohre *F* destillirtes Wasser von 17·5° C. aus dem untergestellten Becherglase in die Röhre *A* einfüllt. Man markirt auf einem aufgeklebten Papierstreifen den Stand der Flüssigkeitssäule *a*, entfernt das Becherglas und lässt durch Oeffnen des Quetschhahnes *C* in ein genau tarirtes Kölbchen 1 g Flüssigkeit auslaufen. Man markirt nunmehr abermals den Stand der Flüssigkeitssäule *b* und hat so das Maass für alle folgenden Theilungen. Jetzt füllt man *B* bis etwa *e*. Sobald sich der Punkt *e* durch Ablaufen des an den Glaswänden haftenden Wassers nicht mehr ändert, wird dieser unterste Punkt der Röhre *B* markirt; hierauf saugt man wieder in *A* Flüssigkeit bis *a* und lässt durch Oeffnen der Klemme *D* die Flüssigkeitssäule *ab* nach *B* übertreten. Man kann nun sofort *e'* notiren, stellt abermals wieder *a* ein und lässt wieder *ab* nach *B* treten, man erhält so *e''*. Die so erhaltenen Punkte auf *B* geben beim Gebrauche genau 1 cbcm Flüssigkeit. Eine andere, etwas umständlichere Methode zum Kalibriren von Büretten rührt von Scheibler[1]) her, die man in dem Journal für praktische Chemie am angegebenen Orte findet.

Fig. 41.

0
10
20
30
40
50

bb. Die Bürette von Gay-Lussac.

Die Bürette von Gay-Lussac[2]) stellt Fig. 41 in $^1/_4$ nat. Gr. dar. Dieselbe besteht aus einer weiteren graduirten Röhre und einer engen am Boden angelötheten, oben schnabelförmig gebogenen Ausgussröhre. Die Bürette wird genau bis zum Nullpunkte gefüllt, wobei sich die Flüssigkeit in dem engen Rohre durch die Wirkung der Capillarität immer höher stellt als in dem weiten. Beim Gebrauche wird die Bürette so weit gesenkt, dass die Flüssigkeit aus der engen Ausgussröhre tropfenweise ausfliesst. Nach dem Gebrauche stellt man die Bürette auf eine massive Holz-

[1]) Scheibler. Ueber eine Methode, Büretten, Pipetten etc. zu kalibriren. Journ. für prakt. Chem. Bd. 76, S. 177. 1859.

[2]) Gay-Lussac. Nouvelle instruction sur la chlorométrie. Annal. de chem. et de phys. T. 60, p. 237. 1835.

scheibe, in welcher eine dem unteren Theil der Bürette entsprechende Höhlung eingebohrt ist. Der Stand der Flüssigkeit in der Bürette wird, wie oben S. 39 angegeben, abgelesen.

b. Das Messen von Gasen. Das Messen der Gase geschieht je nach der Menge, die gemessen werden soll, auf verschiedene Weise. Hat man geringe Gasmengen zu messen, so bedient man sich der Bunsen'schen Eudiometerröhren, hat man grössere Gasmengen zu bestimmen, so wendet man Gasometer an, soll endlich die Menge von Gas ermittelt werden, welche in einem längeren Zeitraume durch einen Apparat streicht, so bedient man sich der Gasuhren. Die Analyse der Gase geschieht stets in Eudiometerröhren nach Methoden, die grösstentheils von Bunsen angegeben wurden [1].

Fig. 43. Fig. 42.

α. Die Eudiometerröhren sind starke, auf einer Seite rund zugeschmolzene mit feiner aufgeätzter Millimetertheilung versehene Glasröhren von 50 bis 600 cbcm Inhalt, Fig. 42, 1/5 nat. Gr., und Fig. 43, 1/5 nat. Gr. Am zugeschmolzenen Ende derselben sind häufig zwei Platindrähte zum Durchschlagen des elektrischen Funkens eingeschmolzen, welche an ihren Enden 1 bis 2 mm von einander abstehen.

Da die auf den Röhren angebrachte Millimetertheilung nicht unmittelbar als Maass für den Rauminhalt derselben dienen kann, so müssen die Röhren kalibrirt werden. Man verfährt dabei auf folgende Weise: Die zu kalibrirende Eudiometerröhre wird senkrecht in einem Stativ befestigt, alsdann wird in dieselbe ein bestimmtes Volumen Quecksilber gegossen und der Stand des Quecksilbers an der Theilung mit einem Fernrohre abgelesen. Das Abmessen des Quecksilbers geschieht in einem kurzen dickwandigen, mit einer hölzernen Handhabe versehenen Proberöhrchen *a*, Fig. 44, 1/5 nat. Gr., auf dessen abgeschliffenen Rand das abgeschliffene Glasscheibchen *c* zum Abstreichen des überschüssigen Quecksilbers aufgedrückt wird. Das Füllen des Proberöhrchens *a* wird dadurch bewerkstelligt, dass man die Spitze des mit Glashahn versehenen Quecksilbergefässes *b* in dasselbe bis auf den Boden einsenkt, alsdann den Glashahn öffnet und durch allmäliges Senken des Proberöhrchens die Füllung desselben erzielt; man vermeidet so den Ansatz kleiner Luftblasen an der Glaswand. Das Eingiessen der abgemessenen Quecksilbermenge in das Eudiometer nimmt man durch einen Trichter vor. Die Luftblasen, welche sich dabei zwischen dem Quecksilber und der Glaswand anlegen, müssen vor jeder Ablesung sorgfältig durch einen Holz- oder Fischbeinstab ent-

[1] Bunsen, Gasometrische Methoden 1857.

fernt werden. Ist dies geschehen, so nimmt man die Ablesung des Quecksilberstandes an dem höchsten Punkte des Meniscus vor. In welcher

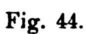
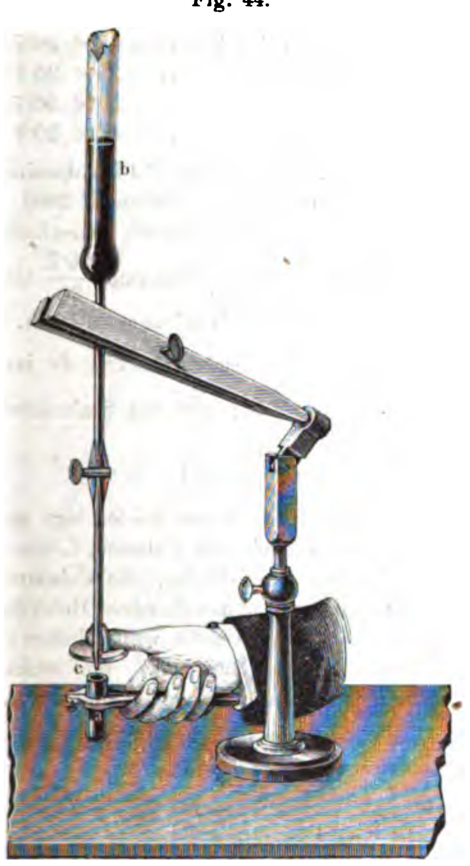


Fig. 44.



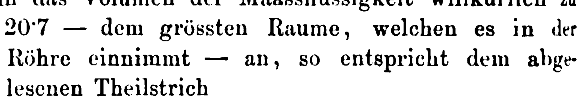
Weise weiter verfahren wird, möge ein Beispiel erläutern, das wir Bunsen l. c. S. 33 entnehmen. Es sei Fig. 45 a. f. S.

die erste Ablesung bei	*b*	23·3
„ zweite „	„ *c*	44·0
„ dritte „	„ *d*	64·4
„ vierte „	„ *e*	84·4

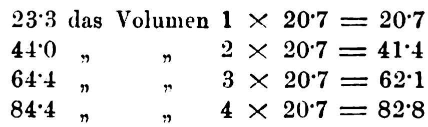
so nimmt das zum Ausmessen benutzte Quecksilbervolumen

zwischen *b* und *c* den Raum	20·7
„ *c* „ *d* „ „	20·4
„ *d* „ *e* „ „	20·0 ein.

Fig. 45.



Nimmt man nun das Volumen der Maassflüssigkeit willkürlich zu 20·7 — dem grössten Raume, welchen es in der Röhre einnimmt — an, so entspricht dem abgelesenen Theilstrich



23·3	das Volumen	„	$1 \times 20·7 = 20·7$
44·0	„	„	$2 \times 20·7 = 41·4$
64·4	„	„	$3 \times 20·7 = 62·1$
84·4	„	„	$4 \times 20·7 = 82·8$

Wenn aber diese 20·7 Volumina zwischen *c* und *d* dem abgelesenen Volumen 20·0 entsprechen, so entspricht ein Theilstrich innerhalb dieses Scalenintervalles dem Hohlraume $\frac{20·7}{20} = 1·035$ und 0·1 Theilstrich dem Hohlraume 0·1035.

Für das Scalenintervall *dc* ist ein Theilstrich $\frac{20·7}{20·4} = 1·0147$; für das Scalenintervall *bc* ist ein Theilstrich $\frac{20·7}{20·7} = 1$ u. s. w.

Mit Hülfe dieser Zahlen legt man eine Tabelle an, in welcher die Columne I. die unmittelbar abgelesenen Theilstriche, die Columne II. die diesen Ablesungen entsprechenden Hohlräume des Eudiometers in einem zwar willkürlichen, aber vergleichbaren Maasse angeben. Wir rechnen als Beispiel den Hohlraum zwischen *d* und *c* aus.

c = 44 unmittelbar abgelesen entspricht $2 \times 20·7 = 41·4$

1 Theilstrich des Scalenintervalls *dc* = 1·0147,

es ist somit

$$45 = 41·4 + 1·0147 = 42·41 \text{ u. s. w.}$$

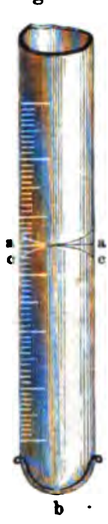
I.	II.	I.	II.
44	41·40	54	51·55
45	42·41	55	52·56
46	43·43	56	53·58
47	44·44	57	54·59
48	45·46	58	55·60
49	46·47	59	56·62
50	47·49	60	57·63
51	48·50	61	58·65
52	49·52	62	59·66
53	50·53	63	60·68
		64	61·70

Zu dieser Tabelle ist noch zu bemerken, dass der den beobachteten Theilstrichen entsprechende, der Correctionstabelle entnommene Hohlraum noch einer kleinen Correction bedarf, die durch die Convexität der Quecksilbersäule veranlasst wird. Es füllt nämlich das Quecksilbervolumen *cbc*, Fig. 46, dessen Höhe durch die Linie *aa* angegeben wird, den Raum *aba* nicht vollständig aus. Wird nun das Eudiometer beim Gebrauche aufrecht gestellt, so muss sich der fehlende Raum *acca* verdöppeln. Es muss deshalb zu dem direct gemessenen Gasvolumen der doppelte Raum von *acca* hinzuaddirt werden. Der in Theilstrichen der Röhre ausgedrückte Werth dieses Volumens *acca* lässt sich ein- für allemal dadurch be-

Fig. 47.



Fig. 46.



stimmen, dass man auf die Quecksilberkuppe, nachdem man ihre Höhe bei *aa* abgemessen hat, einige Tropfen einer verdünnten Sublimatlösung giesst. Es verschwindet dann die Convexität in Folge der Bildung von Mercurochlorid und das Quecksilber nimmt eine völlig horizontale Oberfläche an. Der zwischen der ersten Ablesung und der nun horizontal gewordenen Quecksilberoberfläche gelegene Raum giebt doppelt genommen jene constante Grösse, welche jeder Ablesung hinzuaddirt werden muss und die man den Fehler des Meniscus nennt.

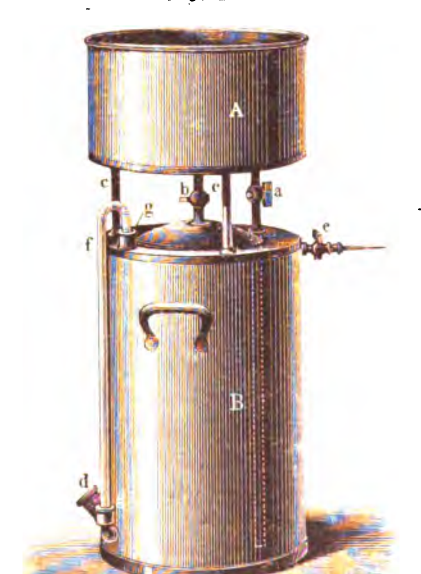
β. Die **Gasometer** sind Gefässe von Glas, Kupfer oder Zink, die zum Aufsammeln oder Aufbewahren von Gasen dienen und eine Messung des in sie eintretenden wie austretenden Gases gestatten. Jedes grössere

Gefäss, das auf seiner oberen Seite zwei Oeffnungen besitzt, kann unter Umständen als Gasometer verwandt werden, allgemein aber werden wegen ihrer praktischen Einrichtung die Gasometer von **Bunsen**, **Pepys**, **Tiffereau** und **Mohr** gebraucht. Bei ersteren wird gewöhnlich Quecksilber als Sperrflüssigkeit angewandt, bei letzteren Wasser oder Salzlösungen.

aa. Gasometer von Bunsen.

Das **Bunsen**'sche Gasometer Fig. 47 a. v. S., $^1/_4$ nat. Gr., besteht aus einem mit Millimetertheilung versehenen Glasgefässe *a* von ungefähr 300 cbcm Inhalt, welches nahe am Boden mit einem aufwärtsgekehrten Tubulus *b* versehen ist und bei *d* durch eine Klemme oder einen Glashahn verschlossen werden kann. Das Glasgefäss *a* wird bei verschlossenem Hahn durch den Tubulus *b* in horizontaler Lage in einer Quecksilberwanne mit Quecksilber gefüllt, wieder aufrecht gestellt und das Gas unter Quecksilber durch den Tubulus *b* in das Gefäss geleitet. Ist so das Glasgefäss bis zu einer bestimmten Höhe mit Gas gefüllt, so steckt man eine Röhre *c* mittelst eines gut schliessenden Korkes in den Tubulus ein; das Quecksilber in der Röhre *c* kommt hierbei höher zu stehen als in dem Glasgefässe, wie Fig. 47 angiebt. Oeffnet man den Hahn, so gleicht sich sofort die Niveaudifferenz aus. Will man eine bestimmte Menge Gas aus diesem Gasometer austreten lassen, so liest man zunächst den Stand des Quecksilbers an der Millimetertheilung ab, dann befestigt man ein Trichterchen auf die Röhre *c* und während man Quecksilber einfüllt, öffnet man den Hahn *d*. Man giesst nun so lange Quecksilber nach bis das Quecksilberniveau den Punkt an der Theilung erreicht hat, welcher dem bestimmten Volumen Gas entspricht, das man aus dem Gasometer austreten lassen will. Bei dieser Methode ist vorausgesetzt, dass das Glasgefäss kalibrirt ist; in welcher Weise dies geschieht, dürfte aus dem bisher Erörterten hervorgegangen sein.

Fig. 48.



bb. Gasometer von Pepys.

Zum Aufbewahren und Abmessen grösserer Gasmengen wendet man das Gasometer von Pepys[1]) an, Fig. 48 in $^{1}/_{10}$ nat. Gr. Dasselbe besteht aus einem cylindrischen Gefäss *B* von ungefähr 24 Liter Inhalt und einem zweiten Gefäss *A*, das aber nur $^{1}/_{3}$ so hoch als *B* und oben offen ist. *A* ruht auf *B* durch vier Stützen, von denen *cc* massiv, *a* und *b* aber hohl und mit Hähnen versehen sind. Die Röhre *a* geht bis auf den Boden des Cylinders, die Röhre *b* mündet in dem Gefässe *B* unmittelbar an der oberen Wand. Bei *e* befindet sich eine durch einen Hahn verschliessbare kurze Röhre und bei *d* eine kurze aufwärts gebogene etwas dickere Röhre, welche durch eine Schraube wasserdicht verschliessbar ist. In den Cylinder *B* ist bei *gg* eine Glasröhre *f* eingekittet, um den Stand der Flüssigkeit in dem Cylinder anzuzeigen.

Beim Gebrauche werden die Hähne *abc* geöffnet und die Schraube *d* geschlossen, dann wird Wasser so lange in das Gefäss *A* gegossen, bis *B* vollständig gefüllt ist; sobald Wasser bei *e* austritt, wird der Hahn geschlossen; sieht man, auch bei gelindem Anstossen, bei *b* keine Blasen mehr aufsteigen, so verschliesst man die Hähne *a* und *b*.

Soll dieses Gasometer mit Gas gefüllt werden, so nimmt man die Schraube bei *d* ab und führt die Gas zuleitende Röhre ein. Das Gas sammelt sich in dem Gefässe oben an, während das verdrängte Wasser aus der Mündung bei *d* abfliesst. Bei langsamem Ansammeln des Gases in dem Gasometer pflegt hierbei das Wasser rings um den Boden desselben zu fliessen; diesem Uebelstande aber lässt sich dadurch vorbeugen, dass man die Oeffnung *d* ringsherum mit Talg bestreicht und an ihrem niedrigsten Rande lose zusammengedrehtes feuchtes Werg einsteckt, an dem das Wasser herunterläuft. Sobald in der Röhre *f* nur sehr wenig Wasser zu sehen ist, wird die Gas zuleitende Röhre herausgenommen und die Schraube *d* wieder aufgesetzt.

Soll das aufgesammelte Gas gebraucht und Portionen davon in andere Gefässe gebracht werden, so wird Wasser in *A* gegossen, ein mit Wasser oder Salzlösung gefülltes Gefäss über die Oeffnung der Röhre *b* gestülpt und die Hähne *a* und *b* geöffnet. Das Gas tritt in Blasen durch die Röhre *b* und sammelt sich in dem Gefässe an, während das durch die Röhre *a* fliessende Wasser den Raum desselben in *B* einnimmt. Ist das Gefäss, in welchem das Gas aufgefangen wird, kalibrirt, so versteht es sich, dass man eine bestimmte Menge des Gases aus dem Behälter in dasselbe einlassen kann.

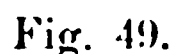
---

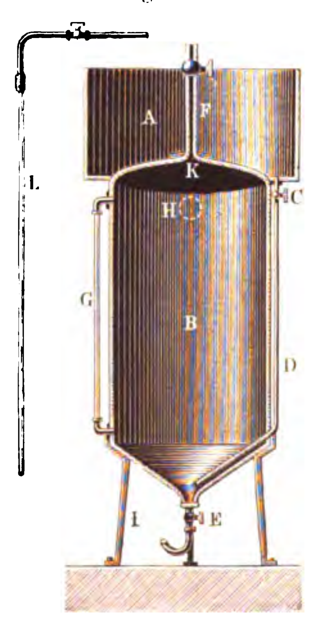
[1]) Pepys. Description of a new Gas-Holder. The philosoph. magaz. von Tilloch T. 13, p. 153. 1802. Die Construction dieses Gasometers wird häufig Berzelius zugeschrieben; wie sich aus dem literarischen Nachweis ergiebt, geschieht dies mit Unrecht. Berzelius selbst schreibt die Construction Pepys zu. Berzelius' Lehrbuch der Chemie, übersetzt von Wöhler. 1841, Bd. 10, S. 278.

Ist der Cylinder *B* kalibrirt und die Röhre *f* mit einer Scala versehen, welche die Gasquantität durch die Höhe der Wassersäule anzeigt, so kann man das Gasometer zum Messen von Gasmengen im Allgemeinen benutzen. Man kann dabei entweder so verfahren, dass man *B* mit Gas, *A* mit Wasser füllt, die Hähne bei *a* und *c* öffnet und nach Schliessen derselben die bei *c* entwichene Gasmenge am Stande der Wassersäule abliest, oder man füllt das Gasometer vollständig mit Wasser, bringt bei *d* statt der Schraube eine Röhre mit Quetschhahn und fest anschliessendem Korke an, öffnet den Hahn *c*, bringt das Wasser bei *d* zum Ausfluss und liest nach Verschluss der Röhre durch den Quetschhahn die Menge des bei *c* eingeströmten Gases gleichfalls an der Scala *fg* ab.

cc. Gasometer von Tiffereau.

In neuerer Zeit kommen auch in Deutschland die Gasometer von Tiffereau [1]) in Gebrauch. Fig. 49, $^1/_{15}$ nat. Gr., stellt ein solches Gasometer dar. Dasselbe besteht wie das Gasometer von Pepys aus zwei cylindrischen Behältern *A* und *B*, die mit einander durch die mit einem Hahn *C* versehene Röhre *D* communiciren. Der Boden von *B* ist kegelförmig und die Spitze des Kegels ist mit einem Hahn *E* und einer gekrümmten Röhre versehen, *F* ist die sogenannte Centralröhre, die sich in der Axe des Apparates erhebt und abgeschraubt werden kann. *G* ist eine gläserne Wasserstandsröhre, welche oben und unten mit dem Behälter communicirt. *H* ist ein Schraubenstöpsel, welcher eine Oeffnung schliesst, durch die man ein Thermometer in den Behälter führen kann. *I* ist ein Dreifuss, auf dem der ganze Apparat ruht.


Fig. 49.



Um den Behälter mit Gas zu füllen, füllt man ihn erst mit Wasser, setzt dann den Gasentwickelungsapparat mit der Röhre *F* in Verbindung, öffnet den daran befindlichen Hahn und den Hahn *E*. Das einströmende Gas verdrängt das Wasser aus dem Apparate.

[1]) Gaultier de Claubry. Ueber Tiffereau's Apparat zum Aufsammeln, Messen und Umfüllen der Gase in chemischen Laboratorien. Dingler's polyt. Journ. Bd. 154, S. 260. 1859.

Will man Gas aus dem Gasometer ablassen, so öffnet man, während der Hahn *E* geschlossen ist, den Hahn der Röhre *D* und lässt das Gas durch Oeffnen des Hahns bei *F* austreten.

Soll der Gasometer als Aspirator verwandt werden, so steckt man nach Abnahme der Röhre *F* in die Oeffnung *K* einen durchbohrten Kork, und in dessen Durchbohrung eine mit einem Hahn versehene rechtwinkelig gebogene Röhre *L*, die bis zu einem Centimeter Abstand vom Boden des Behälters reicht. Nachdem der Gasometer mit Wasser gefüllt ist, wird *L* mit dem Apparate verbunden, durch den Luft gesaugt werden soll, und der Hahn *E* geöffnet.

dd. Gasometer nach Mohr.

Zum Messen geringerer Gasmengen kann man mit Vortheil den Apparat von Mohr [1]) anwenden. Derselbe, Fig. 50 $^1/_{10}$ natürl. Gr., besteht aus zwei starkwandigen einhalsigen Flaschen von gleicher Grösse und 4 bis 10 Liter Inhalt, welche Tubuli am Boden haben. Die beiden Tubuli stehen mit einander durch einen Kautschukschlauch in Verbindung. Die Flaschen sind kalibrirt und mit einer Scala versehen; sie stehen auf einem hölzernen Gestell, welches durch Einsetzen von passenden Brettchen gestattet jeder Flasche jede beliebige Höhe zu geben. Beide Flaschen sind mit Korken verschlossen, in denen je eine rechtwinklig gebogene Glasröhre mit Hahn angebracht ist. Da beide Flaschen gleich gross sind, so kann jede den Inhalt der anderen aufnehmen.

Fig. 50.



Soll der Apparat als Aspirator benutzt werden, so wird die volle, erhöht stehende Flasche durch einen Kautschukschlauch mit dem Apparate, durch den Luft gesaugt werden soll, verbunden. In dem Maasse als das Wasser aus der vollen Flasche in die leere läuft, wird Luft durch

---

[1]) Mohr's verbesserter Gasometer. Zeitschr. für analyt. Chem. Jahrgang 7, S. 182. 1868.

den Apparat gesogen. Ist die Flasche ausgelaufen, so wird die Kautschukverbindung gewechselt, die volle Flasche wird auf das Gestell und die leere auf den Boden gestellt, u. s. f. Enthalten z. B. die beiden Flaschen je 4 Liter und wurde 7 mal die Umwechselung der Flaschen vorgenommen, so ist die Menge der aspirirten Luft = 28 Liter.

γ. Die Gasuhren. Die Gasuhren sind Apparate, um die Menge Gas zu messen, welche in einer bestimmten Zeit in einen bestimmten Raum ein- oder austritt. Samuel Clegg der Aeltere [1]) ist der Erfinder der Gasuhr. Seine erste Gasuhr aus dem Jahre 1815 bestand aus zwei Gasbehältern, die sich abwechselnd füllten und leerten. Im Laufe der Zeit wurden die Gasuhren bedeutend vervollkommnet. Man unterscheidet trockne und nasse Gasuhren. Wir geben nur die Beschreibung der letzteren; die erstere ist fast ganz ausser Gebrauch.

An jeder Gasuhr unterscheidet man drei Theile. 1. die Trommel, 2. das Gehäuse und 3. das Zeigerwerk. Das Wesentlichste der Gasuhr ist die Trommel.

Die Trommel, Fig. 51 $^1/_8$ bis $^1/_{10}$ nat. Gr., besteht aus vier um eine horizontale Axe *z* symmetrisch geordneten Schaufeln, die von einem Blechmantel umgeben sind. Es werden dadurch vier Räume, die sogenannten Kammern, gebildet, die jedoch von einander nicht abgeschlossen sind, sondern mit einander durch schlitzförmige Spalträume, z. B. *a'*, *g*, *e*, *c*, in Verbindung stehen. Die Blechschaufeln sind an den cylindrischen

Fig. 52.

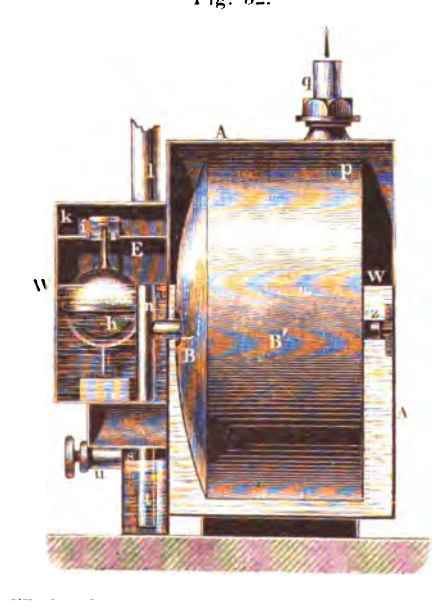


Fig 51.



Blechmantel angelöthet. Jede Schaufel wird durch drei Blechstücke gebildet; nämlich durch ein Mittelstück *V V' W*, das schräg von einer Seite der Trommel zur anderen geht, und zwei Seiten-

[1]) Pettenkofer. Ueber die Bewegung der Messtrommel in der nassen Gasuhr. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 165, S. 280. 1862.

stücken, die die Gestalt von Kreissectoren haben, deren Centriwinkel $> R$ und die an die Seiten des Mittelstücks bei W und VV' in entgegengesetzter Richtung rechtwinklig angelöthet sind. Die Trommel befindet sich in dem Gehäuse A, Fig. 52 $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ nat. Gr., bis zu einer bestimmten Höhe in Wasser, das die Kammern von einander absperrt, in denselben aber frei communiciren kann. Tritt das Gas zwischen den Spalt bei a ein, so findet der Austritt auf der Seite von c statt.

Wir betrachten nunmehr an der Hand von Fig. 52, die einen verticalen Durchschnitt durch das Gehäuse A einer gewöhnlichen Gasuhr, $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ nat. Gr., darstellt, den Weg, den das Gas einzuschlagen hat, um in die Messtrommel B' zu gelangen. Das Gas tritt durch die Röhre l ein und gelangt zunächst in ein kleines durch Blechwände abgesperrtes Kästchen k. Am Boden dieses Kästchens befindet sich ein Loch, durch welches ein auf dem Schwimmer h befindliches Kegelventil i hervorragt. Durch dieses Loch kann das Gas nach E gelangen. Der Eintritt von k nach E ist jedoch nur dann möglich, wenn in E hinlänglich Wasser ist, so dass der Kopf des Schwimmers k frei nach k hereinragt. Es ist deshalb nöthig, dass das Kästchen E mit Wasser bis zu einem bestimmten Niveau gefüllt ist. Sinkt der Wasserstand W, so sinkt demzufolge auch der Schwimmer h und das Kegelventil i verschliesst das Loch des Kästchens k und dem Gase ist der Weg versperrt; dem abzuhelfen giesst man bei l Wasser nach. Steigt der Wasserstand in E, so läuft das überschüssige Wasser in die Röhre n und dem Gase ist der Ausweg gleichfalls versperrt. Dem abzuhelfen öffnet man die Schraube u, das in n eingedrungene Wasser fliesst alsdann durch die Röhre t nach s und bei u aus. Ist der Wasserstand in E wie in Fig. 52, so gelangt das Gas von E in die Röhre n, von da in den seitlichen Uförmigen Ansatz und dadurch in die sogenannte Vorkammer B, welche aus den verticalen Blechstücken der einen Seite der Schaufeln und einem gewölbten Deckel gebildet wird, der von der Axe der Trommel und dem Uförmigen Rohr durchbrochen ist. Von der Vorkammer tritt das Gas in die Kammer der Trommel ein, deren Einströmungsöffnung sich oberhalb des Wassers befindet. Sowie sich eine Kammer von der einen Seite allmälig mit Gas füllt, tritt das Wasser auf der anderen Seite aus; die Ausströmungsöffnung tritt jedoch nicht eher aus dem Sperrwasser heraus, bis die Einströmungsöffnung sich bereits wieder unter Wasser befindet. Ist dieser Punkt eingetreten, so ist der Vorgang ein umgekehrter, durch die Einströmungsöffnung tritt Wasser ein und durch die Ausströmungsöffnung entweicht das Gas in den Raum zwischen Trommel und Gehäuse, von wo es dann den Apparat durch die Röhre q verlässt. Die Bewegung der Trommel geschieht dadurch, dass wie Pettenkofer [1]) zuerst behauptete, die im Gleichgewichte auf ihrer Axe befestigte Trommel beim Durchströmen des Gases durch das halbseitig

[1]) Pettenkofer. Ueber die Bewegung der Messtrommel in der nassen Gasuhr. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 163, S. 275. 1862.

davon verdrängte Wasser ungleich schwer wird, und dadurch auf der schwereren Seite fällt. Es ist nach dieser Vorstellung die Trommel der nassen Gasuhr eine Art Tretrad, in welchem die Kraft des Gasdrucks dazu dient, beständig Wasser aus den Kammern, von einer Seite auf die andere zu treiben.

Um die Umdrehungen der Trommel zu zählen ist ein Zeigerwerk in einem Kästchen *F*, Fig. 53 und 54 $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ nat. Gr., über *E* angebracht. An der Axe der Trommel sitzt eine Schraube ohne Ende, welche in ein verticales Zahnrad α eingreift und die überkommene Bewegung übermittelt. Das Zahnrad α hat, wenn das Gasquantum, welches die Trommel bei einer Umdrehung durchlässt, z. B. $^1/_8$ Cubikfuss beträgt, 40 Zähne, so dass wenn 5 Cubikfuss Gas durch die Uhr gegangen sind, das Zahnrad α sich einmal um sich selbst gedreht hat. Die verticale Axe, an welche das Zahnrad α befestigt ist, ist mit einer cylindrischen Blechhülse *e* umgeben, die unter das Wasserniveau in *E* reicht. Damit nicht Wasserdampf in das Zählerwerk eintrete, läuft die Axe noch durch eine leichte Stopfbüchse.

Fig. 53.

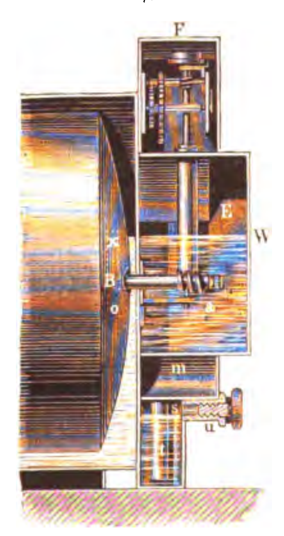


Fig. 54.

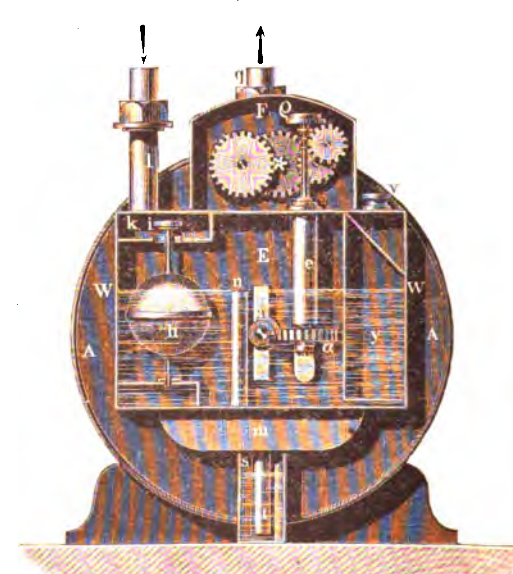
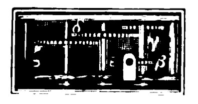


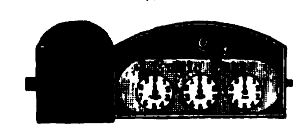
Fig. 55.



Am oberen Ende der Axe sitzt eine eiserne Scheibe ϱ, die in zehn gleiche Theile getheilt ist. Die Theilstriche bewegen sich an einem feststehenden Stift vorüber, so dass man die einzelnen und halben Cubikfusse ablesen kann. Da wir angegeben, dass die Scheibe ϱ sich einmal umdreht, wenn 5 Cubikfuss durch die Uhr gegangen sind, so entspricht ein Theilstrich $^1/_2$ Cubikfuss. Unterhalb der Scheibe ϱ befindet

sich zu weiterer Uebertragung eine Schraube ohne Ende, die in ein Zahnrad β von 40 Zähnen eingreift. Fig. 55 $^1/_6$ nat. Gr. zeigt das Zählerwerk von oben; β dreht sich einmal um, während das Rad α 40 Umdrehungen macht; es entspricht somit eine Umdrehung von β 200 Cubikfuss, da eine Umdrehung von α 5 Cubikfuss entspricht. An der Axe von β sitzt ein Getriebe γ von 6 Zähnen, welches in ein Rad δ von 30 Zähnen eingreift, só dass eine Umdrehung von $\delta = 1000$ Cubikfuss ist. Die Axe von δ ist mit einem Zeiger versehen, der sich vor einem in 10 gleiche Theile getheilten Zifferblatte bewegt; 1 Theilstrich giebt 100 Cubikfuss an, die durch die Uhr gegangen sind. Auf der Axe des Rades δ ist ein Getriebe ε von 6 Zähnen angebracht, welches in ein Rad ζ von 60 Zähnen eingreift, auf der Axe von ζ sitzt wieder ein Zeiger, der eine Umdrehung für 10 000 Cubikfuss macht. Ein Zehntel des Zifferblattes entspricht 1000 Cubikfuss.

Fig. 56.



Beim Ablesen der Zahlen auf den Zifferblättern ist zu beachten, dass die Zeiger sich einmal von rechts nach links, dann von links nach rechts drehen wie aus der Zahlenfolge an den Zifferblättern Fig. 56 $^1/_6$ nat. Gr., ersichtlich ist.

Bevor man mit der Gasuhr arbeitet, ist es nothwendig, dass man sie einer Prüfung auf ihre Genauigkeit unterwirft. Nach Pettenkofer [1]) lässt sich jede Messtrommel einer Gasuhr zu einem so genauen Maasse für die durchgehende Luft machen, als man irgend einen cubischen Raum durch sein Volum oder Gewicht Wasser ermitteln kann, denn wenn auch das Zählerwerk nicht mit dem wirklichen Luftvolumen einer ganzen Trommeldrehung stimmt, so lassen sich die Angaben der Uhr auf Grund einer genauen directen Aichung doch sehr leicht auf das wirkliche Volum berechnen und berichtigen. Die wesentlichste Bedingung, die für eine richtige Messung als unentbehrlich bezeichnet werden muss, ist die Erhaltung des gleichen Wasserstandes in der Uhr.

Um die Gasuhren zu aichen, verbindet man das Zuleitungsrohr der horizontal gestellten Gasuhr durch einen Gummischlauch mit dem Ausflussrohr eines graduirten Gasometers und indem man Wasser in den Gasometer einfüllt, wird die Luft durch die Gasuhr getrieben. Wenn dann eine genügende Menge Luft, die sich natürlich nach der Grösse der Uhr richtet, durchgegangen ist, sperrt man den Hahn ab, notirt den Stand der Zeiger und vergleicht die an der Uhr abgelesene Gasmenge mit der, die im Gasometer abgemessen wurde. Ist die Uhr genau, so muss der Vergleich stimmen, wenn nicht, so lernt man den Grad der Abweichung kennen. Eine Abweichung von 2 Proc. ist z. B. bei den Leuchtgasuhren als zulässig angenommen [2]).

[1]) Pettenkofer. Ueber die Respiration. Annal. der Chem. und Pharmac. II. Supplementband, S. 12. 1862 und 1863.

[2]) Schilling. Handbuch der Steinkohlengasbeleuchtung 1866, S. 399.

Pettenkofer fand bei wiederholten Aichungen von vier Gasuhren gewöhnlicher Art, die er unter Berücksichtigung der Temperatur des Wassers im Aichgefäss und der Luft in der Gasuhr im Laufe eines Monats anstellte, in den procentigen Werthen Schwankungen von 0·24 bis 1·07 Proc., im Mittel von 0·65 Proc. Carl und Ernst Voit sowie Forster[1], die diesen Befund Pettenkofer's mittheilen, suchten nach dem Grunde dieser verschiedenen Angaben der Gasuhren und fanden ihn in der Uebertragung der Umdrehung der Trommel auf das Zeigerwerk durch die Spindel ohne Ende, resp. darin, dass die Windungen der Spindel durch die ganze Länge bei den gewöhnlichen Gasuhren nicht völlig gleich geschnitten sind. Diesem Uebelstande wurde dadurch abgeholfen, dass der die Unterabtheilungen angebende Zeiger fest mit der Messtrommel verbunden wurde. Wenn nun der Zeiger auf einen bestimmten Theilstrich des Zifferblattes zeigt, so weiss man, dass auch die Trommel einen bestimmten und stets den nämlichen Stand hat und es lässt sich jetzt durch Aichung der wirkliche Werth einer Trommelumdrehung und auch der eines Theils einer Drehung leicht ermitteln. Genannte Forscher machen darauf aufmerksam, dass eine genaue Aichung der Gasuhr nur dann möglich ist, wenn das Wasser und die Luft im Aspirator und der Gasuhr die gleiche Temperatur besitzen. Als Beleg für die Zweckmässigkeit ihrer Aenderung der Gasuhr und der Genauigkeit derselben führen sie Aichungen an, die an der nämlichen Uhr vorgenommen wurden. Die grösste Differenz betrug 2·4 Cubikcentimeter bei ungefähr 2½ Liter Gas.

Vorzügliches leistet auch die Experimentirgasuhr von Sigmar Elster in Berlin, Fig. 57 ⅕ nat. Gr., deren sich Grouven[2]) und Aubert[3]) bei ihren Versuchen bedienten. Diese nach dem nämlichen Princip gebaute, aber mit einem anderen Zählapparate versehene Gasuhr gestattet, mag der Luftstrom per Stunde 1 Liter oder 300 Liter betragen, noch 5 Cubikcentimeter sicher abzulesen. Es wird dies dadurch ermöglicht, dass ein Zeigerwerk vermöge starker Uebersetzungen mit viel stärkerer Geschwindigkeit läuft als das Schaufelwerk. Das Zeigerwerk, das die Bewegungen der Messtrommel verzeichnet, ist folgendermaassen eingerichtet.

Das Zifferblatt ist in 180 Theile getheilt, von denen jeder einen Liter bezeichnet. Eine Umdrehung vom Zeiger a giebt daher einen Durchgang = 180 Liter; eine Umdrehung vom Zeiger b giebt den Durchgang von 3 Litern an; dies ist der sechszigste Theil des Zeigers a; man

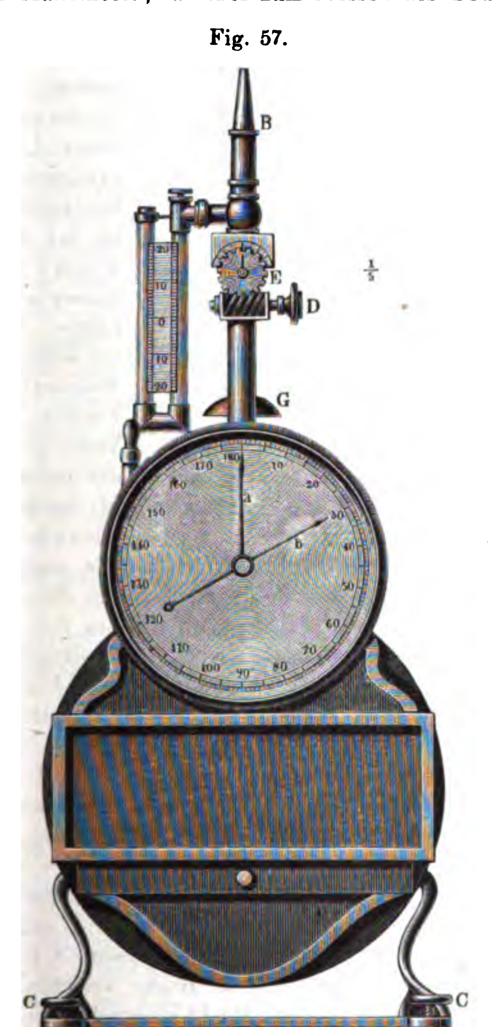
[1]) Carl und Ernst Voit und Forster. Ueber die Bestimmung des Wassers mittelst des Pettenkofer'schen Respirationsapparates. Zeitschr. für Biologie Bd. XI, S. 145. 1875.

[2]) Grouven. Physiologisch-chemische Fütterungsversuche über den Nährwerth einiger allverbreiteten, stickstofflosen Bestandtheile 1864, S. 246.

[3]) Aubert. Untersuchungen über die Menge der durch die Haut des Menschen ausgeschiedenen Kohlensäure. Pflüger's Archiv Bd. VI, S. 541. 1872.

liest daher durch die Angabe des Zeigers *b* per Minute ab, was per Stunde der Zeiger *a* angiebt. An dem Ausgangsrohr *B* der Gasuhr befindet sich ein Manometer, welches zum Messen des Druckes des strö-

Fig. 57.



menden Gases dient; weiter ist ein Hahn *E* mit einer Mikrometerschraube *D* angebracht zum genauen Reguliren des Gasausflusses. *G* ist ein Glockenschlagwerk, welches nach Durchgang je eines Liters einen Glockenschlag giebt. Die Schrauben *C* an den Füssen der Gasuhr dienen zum Horizontalstellen.

Will man nun z. B. bei Respirationsversuchen längere Zeit Luft durch eine Gasuhr streichen lassen, so kann man dazu zweckmässig folgende einfache Vorrichtung benutzen, die von Carey Lea [1]) angegeben wurde.



Fig. 59.

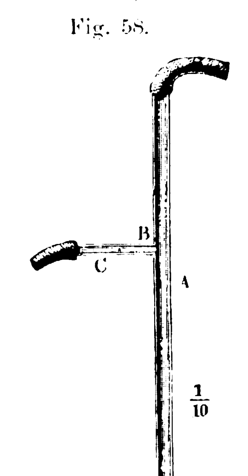


Fig. 58.

An ein Rohr von Weissblech *A*, Fig. 58, von 60 Centimeter Länge und 1 Centimeter Durchmesser ist bei *B* ein Seitenrohr *C* von 7 Millimeter Durchmesser und 10 Centimeter Länge angelöthet. Dieses Rohr wird über dem Wasserabfluss des Arbeitsraumes auf irgend eine Weise senkrecht befestigt, das horizontale Ansatzrohr *C* durch einen Gummischlauch mit einem Hahn der Wasserleitung verbunden und die obere Oeffnung der Röhre *A* ebenfalls durch einen Gummischlauch mit dem Apparate in Verbindung gebracht, durch welchen die Luft zu streichen hat. Sobald das Wasser durch die Röhre *A* fliesst, wird Luft durch die Gasuhr und den betreffenden Apparat gesaugt.

Die Vorrichtung von Carey Lea erfordert sehr viel Wasser. Steht keine Wasserleitung zur Verfügung, so empfiehlt es sich einen Tropfenaspirator anzuwenden, auf den Stammer [2]) aufs neue die Aufmerksamkeit lenkte. Denselben stellt in seiner einfachsten Gestalt Fig. 59 in $^1/_2$ nat. Gr. dar. Eine gewöhnliche Chlorcalciumröhre *A* ist mit einem doppelt durchbohrten Korke versehen. In der einen Durchbohrung steckt eine gebogene Röhre *B*, in der anderen eine Glasröhre *C*, die bei *D* mit einem Hahn versehen ist und bis *E* reicht. Das Rohr *C* wird mit einem Wassergefässe in Verbindung gebracht, das sich an einem erhöhten Orte befindet, mit der Röhre .

---

[1]) Carey Lea. Apparate zum ununterbrochenen Saugen oder Blasen für chemische Laboratorien. Dingler's polytech. Journ. Bd. 168, S. 26. 1863.

[2]) Stammer. Ueber einen Tropfenaspirator und dessen praktische Verwendung in Laboratorien etc. Dingler's polyt. Journ. Bd. 169, S. 48. 186

bringt man den Apparat in Verbindung, durch den Luft gesaugt werden soll. Der Kautschukschlauch bei *F* dient zum Ableiten des Wassers.

Der Apparat wird möglichst hoch und in verticaler Richtung an einem Stative befestigt und die Abflussröhre *F* möglichst tief geführt.

Wenn man nun das Wasser so langsam einfliessen lässt, dass es bei *E* in einzelnen Tropfen austritt und auch in *G* noch in getrennten Tropfen abfliesst, weshalb die Mündung *E* senkrecht über *G* stehen muss, so entsteht bei *B* ein starker Luftstrom.

Der Apparat empfiehlt sich deswegen, weil nur geringe Wassermengen bei seiner Anwendung erforderlich sind. Stammer beobachtete z. B. bei einer Stellung des Hahns, bei der in einer Secunde zwei Tropfen Wasser fielen, eine Ansaugung von 2400 Liter Luft bei einem Wasserverbrauch von 230 Cubikcentimetern.

Je langsamer der Tropfenfall, desto günstiger ist das Verhältniss der gesaugten Luft für gleiche Wassermengen, je rascher dagegen der Tropfenfall, desto grösser ist die gesaugte Luftmenge in derselben Zeit, desto grösser ist dann aber auch der Wasserverbrauch.

V. Die Bestimmung des specifischen Gewichtes.

Die Methoden, das specifische Gewicht der Körper zu finden, sind verschieden. Die Anwendung derselben richtet sich nach dem Aggregatzustande der Körper sowie nach der Genauigkeit, mit der das specifische Gewicht ermittelt werden soll.

1. Das specifische Gewicht fester Körper.

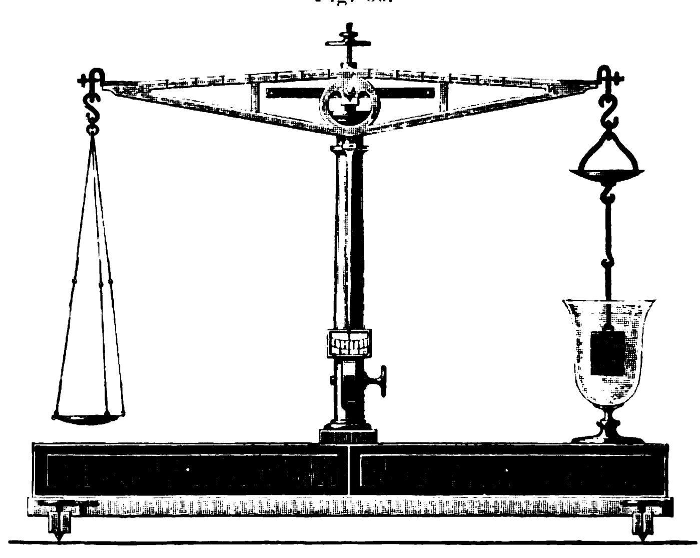
Das specifische Gewicht fester Körper kann bestimmt werden:

a. Mittelst der hydrostatischen Wage. Die hydrostatische Wage unterscheidet sich von der gewöhnlichen dadurch, dass die eine Wagschale nicht so weit herabreicht, als die andere, und dass sich in der Mitte der unteren Fläche derselben ein Häkchen befindet, an welches der zu untersuchende Körper mittelst sehr feinen Drahtes angehängt wird, wie a. f. S. Fig. 60 in $^1/_7$ nat. Gr. angiebt.

Zunächst wird das absolute Gewicht des Körpers durch Auflegen von Gewichten auf die weiter herabhängende Wagschale $= a$ bestimmt, dann taucht man den an dem Häkchen befestigten Körper in ein mit Wasser gefülltes Gefäss, an welches er nicht anstösst, und legt so lange Gewichte auf die kurze Wagschale bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Das aufgelegte Gewicht *b* bildet den Gewichtsverlust, den der Körper im Wasser erleidet, der Quotient beider $\frac{a}{b}$ ist das specifische Gewicht des Körpers.

Mittelst dieser Methode bestimmte Valentin [1]) z. B. das specifische Gewicht von Fröschen. Vier derartige Bestimmungen ergaben ein

Fig. 60.



Durchschnittsgewicht von 1·0375 und als beiderseitige Grenzen 1·0290 und 1·0490.

b. Mittelst des Nicholson'schen Aräometers [2]). Das Nicholson'sche Aräometer zeigt Fig. 61, 1/3 nat. Gr., in seiner ursprünglichen vom Erfinder angegebenen Gestalt. Es besteht aus einer Hohlkugel von Messingblech von der Gestalt *B*, statt deren man später einen Hohlcylinder anwandte, an welchem oben ein feines Stäbchen angebracht ist, welches einen Teller *A* trägt, auf den man kleinere Körper und Gewichte legen kann; unten ist ein kleines Sieb *C* befestigt.

Das absolute Gewicht des Körpers $= a$ wird dadurch ermittelt, dass man ihn auf das Tellerchen legt und so lange Gewichte beifügt, bis das Instrument bis zur Marke 0 einsinkt; dann nimmt man den Körper weg und legt statt seiner soviel Gewichte auf, bis das Instrument wieder genau bei der Marke 0 einsteht. Hierauf legt man den Körper in das Sieb *C* und legt aufs neue so lange Gewichte $= b$ auf, bis das Instrument wieder bis zur Marke eintaucht. $\frac{a}{b}$ ist das specifische Gewicht des Körpers.

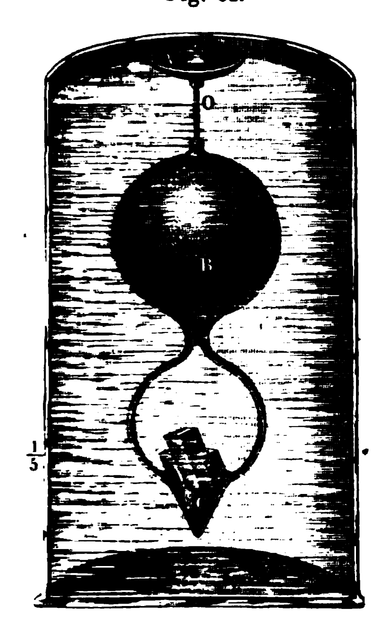
[1]) Valentin. Lehrbuch der Physiologie des Menschen Bd. I. S. 789. 1847.

[2]) Nicholson. A description of a new instrument for measuring the specificic gravity of bodies. Memoirs of the literary and philosoph. society of Manchester V. II, p. 390. 1789.

c. **Mittelst Gefässe von constantem Inhalte.** Ein kleines Fläschchen mit gut eingeriebenem Glasstöpsel wird mit Wasser vollständig gefüllt, abgetrocknet und gewogen. In dieses Fläschchen bringt man den Körper, dessen specifisches Gewicht ermittelt werden soll und dessen absolutes Gewicht $= a$ ist, trocknet gut ab und wägt aufs neue. Zieht man nun das letzt erhaltene Gewicht von der Summe der Gewichte des Fläschchens mit Wasser und des an der Luft gewogenen Körpers ab, so erhält man als Differenz das Gewicht des dem Körper entsprechenden Volumens Wasser $= b$. $\frac{a}{b}$ ist das specifische Gewicht des Körpers.



Fig. 61.



d. **Nach der Methode von Osann** [1]. Eine in Cubikcentimeter getheilte Glasröhre wird mit Wasser bis zu einer bestimmten Höhe gefüllt; dann wird der Körper, dessen specifisches Gewicht ermittelt werden soll und dessen absolutes Gewicht $= a$ bekannt ist, in das Wasser versenkt und der Stand der Flüssigkeit abgelesen. Die Differenz des Flüssigkeitsniveaus zwischen den beiden Ablesungen $= b$ giebt das Volumen des eingesenkten Körpers in Cubikcentimetern an. Da 1 cbcm Wasser $= 1$ g ist, so findet man das specifische Gewicht des Körpers, indem man mit der Anzahl der Cubikcentimeter das absolute Gewicht desselben dividirt. $\frac{a}{b}$ ist das specifische Gewicht des Körpers.

e. **Nach der Methode von Bucknill-Krause.** Diese Methode eignet sich namentlich zur Bestimmung des specifischen Gewichtes thierischer Organe. Dieselbe beruht auf dem physikalischen Gesetze, dass ein jeder Körper, welcher in der Mitte einer Flüssigkeit schwebt, ohne zu steigen oder zu sinken, mit dieser Flüssigkeit ein gleiches specifisches Gewicht hat, dass man also nur mit dem Aräometer das specifische Gewicht einer solchen Flüssigkeit zu bestimmen braucht, um auch dasjenige des betreffenden Körpers zu erhalten. Zu diesem Zwecke bereitete sich Bucknill eine Lösung von Magnesiumsulfat in destillirtem Wasser von z. B.

[1] Osann. Einfaches Verfahren das specifische Gewicht fester Körper zu bestimmen. Poggendorff's Annal. Bd. 106, S. 334. 1859.

1·050 specifischem Gewichte, füllte damit ein Cylinderglas bis zur Hälfte und brachte Stückchen von dem zu untersuchenden Organe hinein. Das specifische Gewicht der Flüssigkeit muss dabei stets höher gewählt werden, als das zu erwartende specifische Gewicht des Organs, so dass letzteres obenauf schwimmt. Hierauf goss er soviel destillirtes Wasser zu, bis das Organstückchen in der Mitte schwamm und sich nicht mehr von der Stelle bewegte. Mit dem Aräometer wurde dann schliesslich das specifische Gewicht der so erhaltenen Lösung bestimmt und damit das specifische Gewicht des Organs ermittelt.

Diese Methode ist einfach und leicht ohne feinere Hülfsmittel auszuführen, giebt aber natürlich nur annähernd genaue Resultate. Genauere Resultate giebt die Modification derselben von Krause [1]). Bei diesem Verfahren werden verschiedene Gläser mit Kochsalzlösungen von verschiedenem aber bekanntem specifischem Gewichte gefüllt und neben einander gestellt.

In diese Gläser bringt man der Reihe nach kleine abgeschnittene Stückchen des zu untersuchenden Organs und bestimmt, in welcher Lösung das Stückchen eben noch untersinkt, und in welcher es eben noch schwimmt. Das wirkliche specifische Gewicht des Organs liegt offenbar zwischen beiden Lösungen. Da die Bestimmung: ob schwimmen oder untersinken, momentan gemacht wird, so kann keine irgendwie erhebliche Diffusion zwischen dem Organ und der umgebenden Flüssigkeit stattfinden. Man sieht, dass es ganz bei dem Untersucher steht dieses Verfahren durch Bereitung einer grossen Anzahl wenig von einander differirender Kochsalzlösungen so genau als möglich zu machen.

In folgender Tabelle sind die Kochsalzmengen in Procenten angegeben, welche in Wasser gelöst ein bestimmtes specifisches Gewicht der Lösung ertheilen.

Kochsalz in Proc.	Specif. Gewicht.
0·72	1·005
1·43	1·010
2·17	1·015
2·90	1·020
3·65	1·025
4·40	1·030
5·16	1·035
5·93	1·040
6·70	1·045
7·48	1·050

Nachfolgende Tabelle giebt das Maximum, Minimum und Mit

[1]) W. Krause und L. Fischer. Neue Bestimmungen des specifischen Gewichtes von Organen und Geweben des menschlichen Körpers. Zeitschr. rat. Med. Bd. 26, S. 311. 1866.

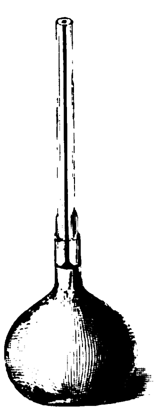
des specifischen Gewichtes der wichtigsten Organe des normalen menschlichen Körpers nach den Bestimmungen von Krause.

Organe	Zahl der Bestimmungen	Maximum	Minimum	Mittel
Fettgewebe	2	0·9254	0·9232	0·9243
Lymphdrüsen	3	1·0180	1·0058	1·0139
Graue Substanz des Grosshirns	3	1·0332	1·0278	1·0318
Weisse Substanz „ „	3	1·0382	1·0327	1·0363
Graue Substanz des Kleinhirns	3	1·0318	1·0301	1·0308
Weisse Substanz „ „	3	1·0332	1·0314	1·0321
Graue Subst. des Rückenmarks	1	—	1·0382	—
Weisse Subst. „ „	2	1·0244	1·0219	1·0231
Gangl. cervicale supremum .	1	—	—	1·0377
Nervenstämme	4	1·0337	1·0275	1·0314
Quergestreifte Muskeln . . .	4	1·0447	1·0382	1·0414
Glatte „ . . .	2	1·0591	1·0573	1·0582
Rindensubstanz der Niere .	4	1·0515	1·0476	1·0489
Marksubstanz „ „ .	4	1·0472	1·0404	1·0439
Nebenniere	2	1·0540	1·0537	1·0538
Gland. submaxill.	2	1·0421	1·0398	1·0408
Parotis	2	1·0462	1·0448	1·0455
Pancreas	4	1·0500	1·0445	1·0470
Leber	6	1·0606	1·0544	1·0572
Milz	4	1·0586	1·0574	1·0579
Ovarium	2	1·0488	1·0444	1·0446
Hoden	2	1·0456	1·0440	1·0448
Aorta	3	1·0689	1·0649	1·0669
Fascia cruralis	3	1·0813	1·0724	1·0767
Gelenkknorpel	2	1·0971	1·0931	1·0951
Ohrknorpel	4	1·1068	1·0889	1·0971
Sehnengewebe	3	1·1189	1·1141	1·1165
Elast. Gewebe, Nackenwand .	2	1·1226	1·1212	1·1219
Spongiose Subst. von Röhrenknochen	3	1·2278	1·2109	1·2429
Rindensubstanz von Röhrenknochen	3	1·9562	1·9025	1·9304

2. Das specifische Gewicht von Flüssigkeiten.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes von Flüssigkeit geschieht am genauesten:

Fig. 62.



a. Mittelst des Pyknometers. Mit dem Namen Pyknometer belegt man kleine halbkugelförmige Gläschen mit enger Oeffnung, die durch einen eingeriebenen mit Capillarröhre versehenen Glasstöpsel genau verschlossen werden können. Fig. 62, $^1/_2$ nat. Gr.

Beim Gebrauche wird zunächst das absolute Gewicht des trocknen Pyknometers bestimmt, dann wird derselbe mit Wasser gefüllt, der Glasstöpsel vorsichtig aufgesetzt und rasch eingedrückt, wobei die überschüssige Flüssigkeit, etwaige Luftbläschen, durch die Capillaren austreten. Man trocknet das Gläschen sorgfältig mit Leinwand oder Papier und wägt. Dann giesst man das Wasser aus, trocknet das Fläschchen wieder und füllt dasselbe in der nämlichen Weise mit der Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht ermittelt werden soll, und wägt wiederum. Wie nun das specifische Gewicht aus den gefundenen Zahlen abgeleitet wird, möge nachfolgendes Beispiel erläutern; es sei das specifische Gewicht von Blut zu bestimmen.

Gewicht des Pyknometers mit Wasser	21·273	Gramm,
Gewicht des Pyknometers	7·235	„
Gewicht des destillirten Wassers	14·038	Gramm.
Gewicht des Pyknometers mit Blut . . .	22·047	Gramm,
Gewicht des Pyknometers	7·235	„
Gewicht des Blutes	14·812	Gramm.

Daraus folgt das specifische Gewicht des Blutes:

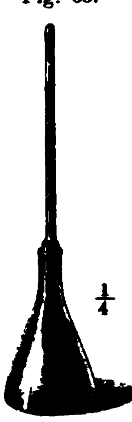
$$x = \frac{14{\cdot}812}{14{\cdot}038} = 1{\cdot}055.$$

Bei dieser Methode der Bestimmung des specifischen Gewichtes erhält man nur dann ganz genaue Resultate, wenn zu gleicher Zeit auf die Temperatur der umgebenden Luft Rücksicht genommen wird, da gleiche Volumina Wasser von verschiedener Temperatur ungleiches Gewicht haben. Es ist deshalb nothwendig, dass bei allen specifischen Gewichts-

bestimmungen die Temperatur angegeben wird, bei welcher das specifische Gewicht des Wassers = 1 gesetzt wurde. Diese Angabe wird durch das Geissler'sche Pyknometer, Fig. 63 $^1/_4$ nat. Gr., bei welchem der Glasstöpsel mit einem Thermometer versehen ist, wesentlich erleichtert.

In den meisten Fällen geschehen die Füllungen und Wägungen des Pyknometers mit Wasser bei anderer Temperatur als die der zu untersuchenden Flüssigkeit. Es ist deshalb das Gewicht des Wassers, welches im Pyknometer enthalten, entsprechend der Temperatur zu ändern, bei der das Gewicht der Flüssigkeit bestimmt wurde.

Fig. 63.



Wurde z. B. die Wägung des Pyknometers mit Wasser bei 20° C. vorgenommen und gleich 14·038 gefunden und das Gewicht der Flüssigkeit bei 15° C. bestimmt, so ist zunächst zu berechnen, wie viel das Wasser wiegen würde, wenn das Pyknometer bei 15° C. gefüllt worden wäre. Zu dem Ende sieht man in der weiter unten folgenden Tabelle über die specifischen Gewichte des Wassers bei verschiedenen Temperaturen nach, welches specifische Gewicht das Wasser bei 15° hat. Man findet das specifische Gewicht des Wassers bei 15° C. = 0·99915 und bei 20° 0·99827 verzeichnet. Darnach ist das Gewicht des Wassers, welches das Pyknometer bei 15° füllen würde,

$$= \frac{0{\cdot}99915}{0{\cdot}99827} \cdot 14{\cdot}038 = 14{\cdot}049.$$

Indem man nun diesen Werth bei der Berechnung einsetzt, erhält man genau das specifische Gewicht der Flüssigkeit.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten mittelst des Pyknometers ist in allen Fällen anzuwenden, in denen die Flüssigkeiten keine klare Lösungen bilden, z. B. Blut, Milch etc.

Nachstehende Tabelle enthält die Dichtigkeit des Wassers bei 0 bis 30° C. im Mittel aus den Bestimmungen von Hallström, Jolly, Kopp, Matthiessen und Pierre nach Kohlrausch [1]).

[1]) Kohlrausch. Leitfaden der praktischen Physik 1872, S. 202.

Temp.	Specif. Gewicht	Diff.	Temp.	Specif. Gewicht	Diff.
0°	0·99 988	— 5	16	0·99 900	16
1	0·99 993	— 4	17	0·99 981	18
2	0·99 997	— 2	18	0·99 866	19
3	0·99 999	— 1	19	0·99 847	20
4	1·00 000	+ 1	20	0·99 827	21
5	0·99 999	2	21	0·99 806	21
6	0·99 997	3	22	0·99 785	23
7	0·99 994	6	23	0·99 762	24
8	0·99 988	6	24	0·99 738	24
9	0·99 982	8	25	0·99 714	25
10	0·99 974	9	26	0·99 689	27
11	0·99 965	10	27	0·99 662	27
12	0·99 955	12	28	0·99 635	28
13	0·99 943	13	29	0·99 607	28
14	0·99 930	15	30	0·99 579	
15	0·99 915	15			

b. **Mittelst der Aräometer.** Die Aräometer sind hohle Glascylinder, die, mit einer Scala versehen, durch den Grad des Eintauchens in eine Flüssigkeit das specifische Gewicht derselben direct anzeigen. Damit die Aräometer stets vertical in der Flüssigkeit schwimmen, ist ihr unteres Ende mit Quecksilber oder Schrotkörnern beschwert.

Da die Aräometer eine um so grössere Genauigkeit besitzen, je weiter die Theilstriche der Scala von einander entfernt sind, so construirt man sie aus dünnen Röhren und damit sie dann nicht zu lang werden, setzt man unten ein Stück einer weiteren Röhre an, wie Fig. 64, in nat. Gr., angiebt. Man hat besondere Aräometer für Flüssigkeiten, welche schwerer als Wasser sind, und besondere für Flüssigkeiten, welche leichter als Wasser sind. Das specifische Gewicht der Flüssigkeit wird an der Scala direct abgelesen.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichtes mit dem Aräometer füllt man einen passenden Stehcylinder mit der Flüssigkeit etwa $^4/_5$ voll an, entfernt darauf mit einem Glasstabe, um den man Fliesspapier gewickelt hat, die etwa vorhandenen Schaumblasen und senkt das vollkommen reine Aräometer ein. Es ist nothwendig, dass der Stehcylinder eine solche Weite hat, dass das Aräometer ganz frei in der Flüssigkeit

schwimmt und an keiner Stelle der Cylinderwand anliegt, wie man dies aus Fig. 65, $^1/_3$ nat. Gr., ersieht. Das Ablesen wird am genauesten, wenn man das Auge mit dem unteren Flüssigkeitsrande in eine Ebene bringt.

Fig. 64.

Fig. 65.



Vor dem Gebrauche müssen die Aräometer auf ihre Richtigkeit geprüft werden. Zu dem Ende lässt man sie in Flüssigkeiten eintauchen, deren specifisches Gewicht man mittelst des Pyknometers genau bestimmt hat und sieht zu, ob die Angaben der Scala mit dem Resultate der Wägung übereinstimmen. Findet dies nicht statt, so ist das Aräometer unbrauchbar.

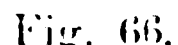
Die Aräometer geben nur bei einer bestimmten Temperatur, für die sie construirt sind, genaue Resultate; man muss deshalb die Flüssigkeit auf diese Temperatur bringen. Zur Erleichterung der Bestimmung der Temperatur ist in dem Schwimmkörper häufig ein kleines Thermometer angebracht, wie man in Fig. 65 erkennen kann. Die Temperatur, für welche das Aräometer construirt ist, ist durch einen rothen Strich bezeichnet.

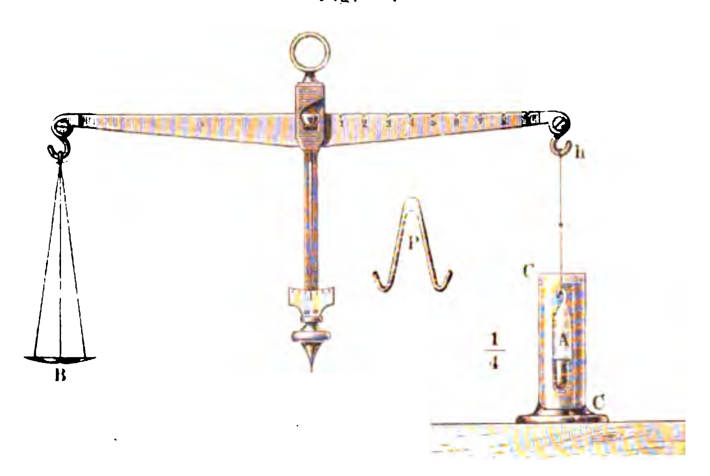
c. **Nach der Methode von Mohr** [1]. Diese Methode gründet sich darauf, dass der Gewichtsverlust, welchen ein und derselbe Körper in verschiedenen Flüssigkeiten erleidet, dem specifischen Gewichte derselben proportional ist. Die Bestimmung des specifischen Gewichtes geschieht in folgender Weise. Eine Glasröhre von 5 bis 6 Centimeter Länge und 6 bis 7 Millimeter Durchmesser wird an dem einen Ende zugeschmolzen, an dem anderen Ende aber zu einer langen Spitze ausgezogen und soviel Quecksilber eingefüllt, dass sie in einer Flüssigkeit vom specifischen Gewichte 2 untersinkt, dann schmilzt man die Spitze zu und biegt sie zu einem Oehr um wie *A* in Fig. 66 a. f. S., $^1/_4$ nat. Gr., angiebt. In dieses Oehr schlingt man einen feinen Platindraht und hängt das Röhrchen, Senkgläschen genannt, an den Haken *h* des in zehn Theile getheilten Armes der Wage; auf die Wagschale *B* aber legt man so viel Gewichte, dass der Zeiger genau auf 0 einsteht. Nun senkt man das Senkgläschen in destillirtes Wasser ein und hängt in den Haken *h* einen Messingdraht von der Form *P*, den man mittelst Kneipzange und Feile genau so schwer macht, dass das durch das Einsenken des Senkgläschens

[1]) Mohr. Lehrbuch der pharmaceutischen Technik 1853, S. 349.

in das Wasser gestörte Gleichgewicht der Wage wieder hergestellt wird. Von diesem Drahte, der genau das absolute Gewicht des durch das Senkgläschen verdrängten Wassers ist, macht man sich eine genaue Copie, ferner bereitet man sich einen ähnlich geformten Draht vom Gewichte von $^1/_{10}$ P.

Soll nun das specifische Gewicht irgend einer Flüssigkeit ermittelt werden, so wird dieselbe in das Glasgefäss C bis zu einer mit dem Dia-


Fig. 66.



mante bezeichneten Marke gegossen, dann lässt man das Senkgläschen eintauchen und schiebt den dicken Draht so lange auf dem Balken mit einer Pincette fort, bis das Gleichgewicht eingetreten ist. Wenn das specifische Gewicht kleiner als 1 ist, findet man eine solche Stelle. Kommt der Haken P nicht auf einen Einschnitt des Armes zu sitzen, so hängt man ihn auf die zunächst kleinere Zahl und stellt den kleinen fehlenden Rest des Gleichgewichtes mit dem kleineren Drahte her. Trifft dieser Punkt zwischen zwei Zahlen, so schätzt man die Entfernung nach Augenmaass auf Zehntel. Die Zahl, wo der grosse Draht hängt, ist die erste Decimalstelle, die wo der kleine Draht hängt, die zweite, und wenn dieser zwischen zwei Zahlen hängt, so ist die nächste Zahl nach der Mitte der Wage die zweite Decimale und die in Zehnteln geschätzte Entfernung von dieser Zahl an die dritte Decimalstelle. Hängt z. B. der Haken P bei 9, das $^1/_{10}$ P Häkchen bei 6, so ist das specifische Gewicht 0·96, hinge das $^1/_{10}$ P Häkchen zwischen 5 und 6, etwa in der Mitte, so wäre das specifische Gewicht 0·955.

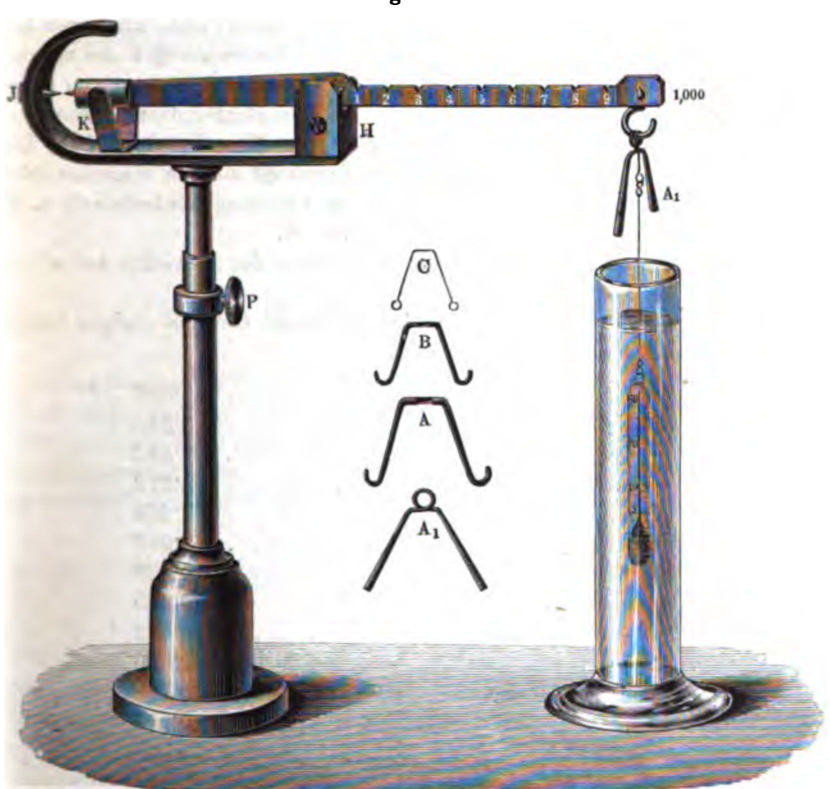
Wenn das specifische Gewicht grösser als 1 und kleiner als 2 ist, so hängt man einen der schweren Haken P bei h auf und verfährt sonst ebenso, wie oben angegeben. Hinge der Haken P bei 4, das $^1/_{10}$ Häkchen bei 9, so wäre das specifische Gewicht der Flüssigkeit 1·49.

Diese Methode Mohr's hat Westphal [1]) durch folgende Anordnung sehr zweckmässig modificirt.

Ein Balken Fig. 67, $^1/_2$ nat. Gr., der einen ungleichartigen Hebel darstellt und auf dem Axenlager *H* ruht, ist auf der einen Seite in 10 Theile getheilt, auf der anderen Seite ist ein Balancirungsgewicht *K* an-



Fig. 67.



gebracht, das mit einer Spitze versehen ist, die einer anderen bei *J* angebrachten gegenübersteht. Beide Spitzen, genau gegen einander stehend, bilden den Nullpunkt für die Einstellung des Balkens beim Wägen.

Der mit einer Oese versehene Senkkörper hat eine Länge von 40 bis 80 Millimeter und stellt ein Thermometer von + 5 bis 30° C. dar.

Die Gewichte sind in Reiterform gefertigt, mit einer Schneide versehen und werden beim Wägen in die Einkerbungen des mit der Thei-

[1]) Westphal. Ueber Wagen zur Bestimmung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten. Zeitschr. für analyt. Chem. Bd. 9, S. 233. 1870.

lung versehenen Armes des Balkens eingesetzt. Dieselben sind so hergestellt, dass die beiden grössten A und A_1 gleich sind dem Gewichte des vom Körper verdrängten destillirten Wassers bei + 15° C. als Normaltemperatur. Das eine Gewicht A_1 ist mit einer Oese versehen und wird nur bei Bestimmungen des specifischen Gewichtes von Flüssigkeiten, die schwerer sind als Wasser, in den Haken des Balkens gehängt. Man hat dann 1·0. Die anderen Gewichte A, B, C haben Haken, damit sie sich an einander hängen lassen, wenn dieselbe Stelle der Decimaltheilung wiederkehrt, z. B. bei 0·888. B ist ein $^1/_{10}$ von A, C $^1/_{100}$ von B.

Fig. 68.

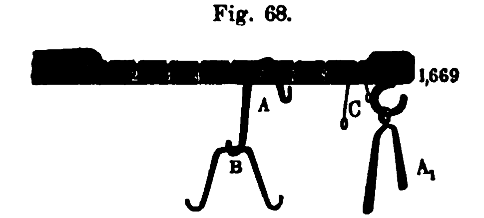


Fig. 68, $^1/_2$ nat. Gr., zeigt die Anordnung der Gewichte bei einem specifischen Gewichte von 1·669.

Nachfolgende Tabelle enthält das specifische Gewicht einiger häufig vorkommenden Flüssigkeiten bei 0° C.

Quecksilber	13·598
Englische Schwefelsäure	1·848
Chloroform	1·480
Schwefelkohlenstoff	1·272
Glycerin	1·260
Leinöl	0·953
Mohnöl	0·929
Olivenöl	0·915
Terpentinöl	0·872
Steinöl	0·836
Absoluter Alkohol	0·793
Aether	0·715

3. Bestimmung des specifischen Gewichtes von Gasen.

Bei physiologischen Untersuchungen kommt man wohl nur in den seltensten Fällen in die Lage, das specifische Gewicht von Gasen zu bestimmen. Wir nehmen deshalb von einer Beschreibung der Methoden Abstand und verweisen diejenigen, die sich darüber des näheren informiren wollen, auf die „Gasometrischen Methoden" von Bunsen und die Abhandlung von Regnault, welche man in den Annal. de chim. et de physique Ser. III, T. XIV, p. 211 und Poggendorff's Annal. Bd. 65, S. 395 findet.

Wird das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft als Einheit

genommen, so ist das specifische Gewicht nach Biot und Arago [1]) und Regnault [2]) von:

	Biot und Arago.	Regnault.
Sauerstoff	1·10359	1·10563
Stickstoff	0·96913	0·97137
Wasserstoff	0·07321	0·06926
Kohlensäure	1·51961	1·52901

Nach Regnault's [3]) Bestimmungen wiegt:

1 Liter Luft	1·293187	Gramm,
1 „ Stickstoff	1·256167	„
1 „ Sauerstoff	1·429802	„
1 „ Wasserstoff	0·089578	„
1 „ Kohlensäure	1·977414	„

VI. Die Bestimmung der Temperatur.

Das Messen der Temperatur geschieht entweder durch die Thermometer oder durch die Thermoelemente. Die Angabe der Temperatur erfolgt gewöhnlich in Graden des Thermometers nach Celsius, selten in denen nach Réaumur; in englischen Schriften wird die Temperatur meistentheils in Graden nach Fahrenheit angegeben.

1. Die Thermometer nach Celsius, Réaumur und Fahrenheit.

Bei dem Thermometer von Celsius ist der Fundamentalabstand, d. h. der Zwischenraum zwischen dem Schmelzpunkte des Eises und dem Siedepunkte des Wassers, in 100 gleiche Theile oder Grade getheilt [4]),

---

[1]) Biot und Arago. Mémoire sur les affinités des corps pour la lumière, et particulièrement sur les forces refringentes des différens gaz. Mém. de la classe des scienc. math. et phys. de l'institut national de France. T. VII. I. Part., p. 320. 1806.

[2]) Regnault. Sur la determination de la densité des gaz. Annal. de chim. et de physique S. III, Bd. 14, p. 228 bis 233, 1845, auch Poggendorff's Annal. Bd. 65, S. 414 bis 418, 1845. Ueber die Bestimmung der Dichtigkeit der Gase.

[3]) Regnault. Relation des expériences entreprises par ordre de Mons. le ministre des travaux publics, et sur la proposition de la commission centrale des machines à vapeur pour déterminer les principales lois et les données numériques qui entrent dans le calcul des machines à vapeur 1847, p. 151. Auch Poggendorff's Annal. Bestimmung des Gewichtes eines Liters Luft und der Dichtigkeit des Quecksilbers Bd. 74, S. 209. 1849.

[4]) Nach einer Mittheilung von Arago in Compt. rend. T. XVIII, p. 1063, 1844, auch Poggendorff's Annal. Bd. 63, S. 122. 1844. Zur Geschichte des

bei dem Thermometer von Réaumur in 80. Bei dem Fahrenheit'-schen Thermometer ist der Schmelzpunkt des Eises mit 32, der Siedepunkt des Wassers mit 212 bezeichnet, so dass also auf den Abstand zwischen beiden 180 Theile kommen. Das Verhältniss der verschiedenen Thermometer zu einander, des von Réaumur, von Celsius und von Fahrenheit, wird durch die Zahlen 4 : 5 : 9 ausgedrückt, d. h. 4^0 R. = 5^0 C. = 9^0 F. Will man Fahrenheit'sche Grade in Celsius'sche verwandeln, so hat man von der gegebenen Grundzahl 32 abzuziehen und den Rest mit $^5/_9$ zu multipliciren. Es sind demnach:

$$x^0 \text{ F.} = (x - 32)\ ^5/_9 \text{ C.}$$

Als thermometrische Flüssigkeit wird vorzugsweise Quecksilber angewendet, weil dessen Siedepunkt sehr hoch = 360^0 C. [1]) und dessen Gefrierpunkt verhältnissmässig tief — $39{\cdot}4^0$ C. ist. Unter Null sind die Angaben des Quecksilberthermometers zuverlässig bis — 30^0 C., über Null bis 300^0. Die Weingeistthermometer sind vorzugsweise für sehr niedrige Temperaturen geeignet; sie dürfen höchstens bis + 50^0 C. gehen.

Bevor man ein neues Thermometer in Gebrauch nimmt, hat man sich von der Richtigkeit desselben zu überzeugen. Die Prüfung erstreckt sich entweder auf die Controle der Fundamentalpunkte und die Auswerthung der einzelnen Scalentheile durch Calibrirung, oder wenn ein genau calibrirtes Thermometer zur Verfügung steht, auf eine sorgfältige Vergleichung von Grad zu Grad mit diesem.

a. **Bestimmung der Fundamentalpunkte.** Bekanntlich ändert sich der Nullpunkt des Thermometers, wenn auch ursprünglich richtig bestimmt, im Laufe der Zeit, eine Thatsache, die zuerst von Gourdon [2]) gefunden wurde. Ueber die Ursache dieser Veränderung hat Bellani [3])

Thermometers, hat Linné zuerst die Eintheilung des Fundamentalabstandes in 100^0 vorgeschlagen. Arago stützt seine Behauptung auf einen Brief Linné's an Requien in Avignon, worin Linné schreibt: Ego primus fui, qui parare constitui thermometra nostra, ubi punctum congelationis o et gradus coquentis aquae 100, et hoc pro hybernaculis horti; si his adsuetus esses, certus sum, quod arriderent.

[1]) Die Angaben über den Siedepunkt des Quecksilbers lauten verschieden. Nach Dalton — Versuche über die Expansivkraft der Dämpfe von Wasser und anderen Flüssigkeiten, sowohl im luftleeren Raume als in der Luft. Gilbert's Annal. Bd. 15, S. 20. 1803 — kocht das Quecksilber bei 660^0 F. = $348{\cdot}5^0$ C. Nach Chrichton (On the freezing point of tin, and the boiling point of mercury; with a description of a self-registering thermometer. Tilloch, The philosoph. Magazine Vol. XV, p. 147. 1803) ist der Siedepunkt des Quecksilbers bei 655^0 F. = 346^0 C. Nach Dulong und Petit (Recherches sur la mesure des températures et sur les lois de la communication de la chaleur. Annal. de chim. et de phys. T. VII, p. 120. 1817) liegt der Siedepunkt des Quecksilbers bei 360^0.

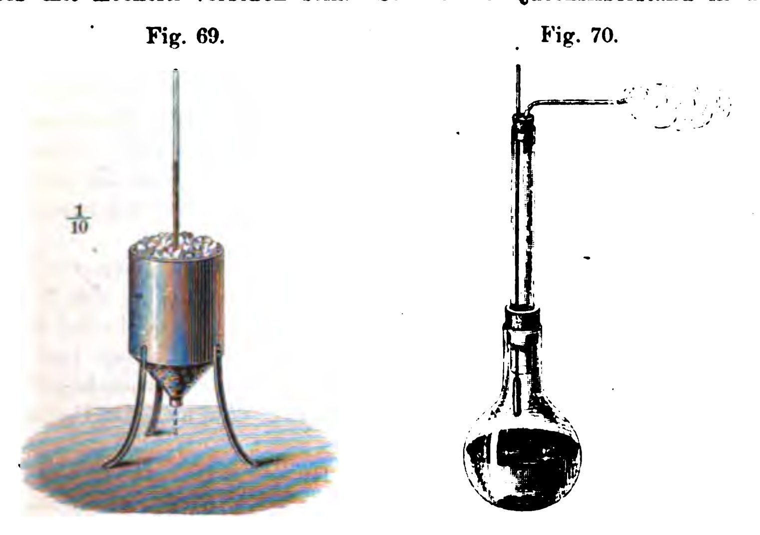
[2]) Gourdon, Sur le haussement observé dans le terme de la glace fondante dans quelques thermomètres à mercure. Bibliotheque univers. T. XIX, p. 154. 1822. Briefliche Mittheilung an Pictet.

[3]) Bellani, Sur le changement qu'éprouve le terme de la glace dans les

umfassende Untersuchungen angestellt, weshalb man diese Verschiebung des Nullpunktes auch den Bellani'schen Fehler nennt.

Um den Nullpunkt eines Thermometers zu bestimmen, steckt man das Instrument bis zum Niveau des Quecksilbers in der Röhre in schmelzendes, am besten geschabtes Eis, das sich in einem Holzgefäss befindet. Das Holzgefäss, Fig. 69, nat. Gr., muss zum Abflusse des geschmolzenen Eises mit Löchern versehen sein. Sobald der Quecksilberstand in der

Fig. 69. Fig. 70.



Röhre sich nicht mehr ändert, markirt man den Punkt mit Tusche und sieht zu, ob er mit dem der Scala übereinstimmt.

Um den Siedepunkt zu controliren, nimmt man einen Kochkolben mit langem Halse, in dem eine weite Glasröhre mittelst Kork befestigt ist, Fig. 70, $^1/_8$ nat. Gr. In dieser weiten Glasröhre selbst steckt ein doppelt durchbohrter Kork. In der einen Durchbohrung befindet sich das Thermometer, in der anderen eine rechtwinklig gebogene Glasröhre. Nachdem man in den Kolben destillirtes Wasser gebracht, wird das Wasser zum Kochen erhitzt, der sich entwickelnde Dampf entweicht durch die gebogene Glasröhre und das Thermometer ist vollständig von Dampf umgeben, was absolut nothwendig ist. Bald steigt die Quecksilbersäule in der Röhre bis zu einem Maximum, sinkt dann etwas und bleibt erst nach längerem Sieden fest stehen, wie die Untersuchungen von Wild [1]) ergeben. Dieser Punkt wird wie der Nullpunkt mit einer Marke ver-

thermomètres à mercure. Ibid. T. XXI, p. 252. 1822. Briefliche Mittheilung an Pictet.

[1]) Wild. Studien über meteorologische Instrumente und Beobachtungsmethoden. Repertor. für Meteorologie, herausgegeben v. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. zu St. Petersburg. Bd. III, S. 109. 1874.

sehen. Vor Rudberg's[1]) Untersuchungen wandte man zur Bestimmung des Siedepunktes complicirte Apparate an. Dieselben sind nun nicht mehr nöthig, da dieser Forscher gefunden, dass der Dampf des in einem Glasgefäss siedenden Wassers die nämliche Temperatur hat wie der Dampf des Wassers, welches in einem Metallgefäss siedet. Bei der Anwendung des Glaskolbens hat man darauf zu achten, dass der Hals vor äusserer Erkältung geschützt ist und in keinem Punkte von dem Thermometer berührt wird. Zu ganz genauen Controlirungen des Siedepunktes liest man bei Einschlussthermometern, bei welchen Thermometerröhre und Scala in einer Glasröhre eingeschmolzen sind, den Stand der Quecksilbersäule mittelst einer Lupe ab, bei den auf Glas getheilten Thermometern, Stabthermometer genannt, geschieht die Ablesung mit einem Fernrohre. Wichtig ist bei der Bestimmung des Siedepunktes, dass die gebogene Glasröhre eine solche Weite hat, dass im Innern des Gefässes kein Ueberdruck entsteht.

Da der Siedepunkt des Wassers sich mit dem Barometerstande ändert, so muss man in einer Tabelle die Siedetemperatur des Wassers bei dem bezüglichen Barometerstande nachschlagen. Vorher aber ist es nothwendig, da der Stand des Quecksilbers im Barometer ausser vom Luftdrucke auch von der Lufttemperatur und der damit verbundenen thermischen Ausdehnung des Metalles bedingt wird, dass man den Barometerstand auf 0^0 reducirt.

Der Reduction liegt der von Dulong und Petit[2]) ermittelte Werth für die Ausdehnung des Quecksilbers zu Grunde, welche für eine Temperaturerhöhung von 0^0 bis 100^0 C. $1/_{5550} = 0{\cdot}018018\ldots$ seines Volumens beträgt: das ist für $1^0 = 0{\cdot}000180$. Ist demnach b' der bei der Temperatur t abgelesene Barometerstand, so ist der auf 0 reducirte

$$b = b' - 0{\cdot}000180 \,.\, b' \,.\, t.$$

Bei ganz genauen Messungen berücksichtigt man die Ausdehnung des Maassstabes. Der Ausdehnungscoefficient für Messing ist $= 0{\cdot}000019$, für Glas $= 0{\cdot}000008$. Unter Berücksichtigung dieses Factors ist daher der vollständig corrigirte Barometerstand b für eine Messingscala

$$b = b' - (0{\cdot}000180 - 0{\cdot}000019) \,.\, b' \,.\, t$$
$$= b' - 0{\cdot}000161 \,.\, b' \,.\, t,$$

für eine Glasscala

$$b = b' - (0{\cdot}000180 - 0{\cdot}000008) \,.\, b' \,.\, t$$
$$= b' - 0{\cdot}000172 \,.\, b' \,.\, t.$$

Statt der selbständigen Berechnung kann man nachfolgende Ta-

---

[1]) Rudberg. Ueber die Construction des Thermometers Poggendorff's Annal. Bd. 40, S. 55. 1837.

[2]) Dulong et Petit. Recherches sur la mesure des températures et sur les lois de la communication de la chaleur. Annal. de chim. et des physique T. VII, p. 136. 1817.

belle [1]) benutzen, welche die Reduction der Barometerstände von 600 bis 790 mm von 10 zu 10 mm bei der Temperatur von 10 bis 25° C. auf 0° C. berechnet ohne Berücksichtigung eines Maassstabes angiebt.

mm	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°
600	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	27
10	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27
20	11	12	13	14	15	16	17	19	20	21	22	23	24	25	26	27
30	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28
40	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28
50	11	12	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	28	29
60	11	13	14	15	16	17	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29
70	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	30
80	12	13	14	15	17	18	19	20	22	23	24	25	26	28	29	30
90	12	13	14	16	17	18	19	21	22	23	24	26	27	28	29	31
700	12	13	15	16	17	18	20	21	22	23	25	26	27	29	30	31
10	12	14	15	16	17	19	20	21	23	24	25	26	28	29	30	31
20	12	14	15	16	18	19	20	22	23	24	25	27	28	29	31	32
30	13	14	15	17	18	19	21	22	23	24	26	27	28	30	31	32
40	13	14	16	17	18	20	21	22	24	25	26	27	29	30	32	33
50	13	14	16	17	18	20	21	22	24	25	27	28	29	31	32	33
60	13	15	16	17	19	20	21	23	24	26	27	28	30	31	32	34
70	13	15	16	18	19	20	22	23	25	26	27	29	30	31	33	34
80	14	15	16	18	19	21	22	23	25	26	28	29	30	32	33	34
90	14	15	17	18	19	21	22	24	25	27	28	29	31	32	34	35

Der Gebrauch der Tabelle ist sehr einfach. Um den jedesmal erforderlichen Abzug zu finden, sucht man sich die Längsreihe, an deren Kopf die gerade vorhandene Lufttemperatur verzeichnet ist, dann die Querreihe, an deren Anfang der unmittelbar beobachtete Barometerstand aufgeführt ist; im Durchkreuzungspunkte beider Reihen steht die gewünschte Correctionszahl.

Die Barometerstände in der ersten Columne sind von 10 zu 10 mm angegeben. Ein Plus von 1 bis 5 mm wird zur früheren, ein Plus von 6 bis 9 mm wird zur späteren Reihe geschlagen. Ist z. B. der Barometerstand 736 mm bei 15° auf 0° zu reduciren, so ist in der Tabelle 740 aufzusuchen; dabei findet man 20, d. h. 20 dmm oder 2 mm. Der corrigirte Barometerstand ist demnach 736 — 2 = 734.

Hat man auf diese Weise den auf 0° reducirten Barometerstand

[1]) Gehler's physikalisches Handwörterbuch, Bd. I, S. 904. 1825.

gefunden, so sieht man in der nunmehr folgenden, nach Regnault's [1]) Beobachtungen entworfenen Tabelle die Siedetemperatur des Wassers nach. Die Siedetemperatur des Wassers für 734 mm Barometerstand ist z. B. = 99·03. Bleibt die Quecksilbersäule in dem Wasserdampfe bei diesem Scalentheile stehen, so ist der Siedepunkt richtig angegeben. Hätte man ein neues Thermometer anzufertigen, so wäre der Raum zwischen dem Nullpunkte und dem Siedepunkte nur in 99 gleiche Theile zu theilen, anstatt in 100, um ein Thermometer nach Celsius herzustellen.

Tabelle über die Siedetemperatur des Wassers bei verschiedenem Barometerstande.

Barometer-stand	Temperatur	Barometer-stand	Temperatur	Barometer-stand	Temperatur
680	96·92°	710	·11	741	29
681	96	711	15	742	33
682	97·00	712	19	743	37
683	04	713	98·22	744	41
684	08	714	26	745	44
685	12	715	30	746	99·48
686	16	716	34	747	52
687	20	717	38	748	56
688	24	718	42	749	59
689	28	719	46	750	63
690	32	720	49	751	67
691	36	721	53	752	70
692	40	722	57	753	74
693	44	723	61	754	78
694	48	724	65	755	82
695	52	725	69	756	85
696	56	726	72	757	89
697	60	727	76	758	93
698	64	728	80	759	96
699	68	729	84	760	100·00
700	72	730	88	761	04
701	75	731	92	762	07
702	79	732	95	763	11
703	83	733	98·99	764	15
704	87	734	99·03	765	18
705	91	735	07	766	22
706	95	736	11	767	26
707	97·99	737	14	768	29
708	98·03	738	18	769	33
709	07	739	22	770	36
		740	26		

[1]) Regnault. Note sur la température de l'ébullition de l'eau a diffé-

Nach den Untersuchungen von Pernet[1]) ist es zweckmässig, erst den Nullpunkt, hierauf den Siedepunkt des Thermometers und dann wieder den Nullpunkt zu bestimmen und dies ohne Unterbrechung so lange fortzusetzen, bis sowohl bei der Siedepunktsbestimmung, als bei der unmittelbar darauf folgenden Nullpunktsbestimmung das Quecksilber einen constanten, niedrigsten Stand erreicht. Diese deprimirten Stände sind als Ausgangspunkte zu wählen, wenn man mit verschiedenen Thermometern vergleichbare Messungen erhalten will.

b. Das Calibriren von Thermometerröhren. Das gemeinsame Princip aller Calibrirmethoden besteht darin, dass man durch Verschiebung eines oder mehrerer Quecksilberfäden in der Röhre und Messung der Länge derselben die Volumina verschiedener Stücke der Röhre vergleicht.

Für das Abreissen des Quecksilberfadens in der Röhre giebt es verschiedene Vorschriften. Bessel[2]) giebt an, man solle das Abreissen des Quecksilberfadens in der Röhre dadurch bewirken, dass man den Quecksilberfaden in der Röhre an der Stelle über der Lichtflamme erhitzt, wo der Faden getrennt werden soll. Wenn v. Oettingen[3]) diese Methode für sehr gefährlich hält, so können wir aus eigener Erfahrung versichern, dass dies nicht der Fall ist. Kohlrausch[4]) giebt folgende Vorschrift für das Abtrennen eines Quecksilberfadens von beliebiger Länge. Man neigt zunächst das Thermometer nach unten und führt einen leichten Stoss gegen das Ende aus. Dann löst sich entweder schon ein Faden ab oder die ganze Quecksilbermasse fliesst in die Röhre. Ist letzteres der Fall, so bringt man das Thermometer schnell wieder in die aufrechte Stellung und lässt die in dem Cylinder gebildete Blase in den Eingang der Röhre aufsteigen. Führt man nun aufs neue einen Stoss gegen das Ende aus, so reisst das Quecksilber im Eingang der Röhre.

Ist der Faden, etwa um p Grade, länger als gewünscht wird, so erwärmt man während der Faden abgetrennt ist, den Quecksilberbehälter; das ansteigende Quecksilber treibt das Luftbläschen vor sich her. Darauf lässt man den Faden rasch zu dem übrigen Quecksilber zurückfliessen und beobachtet den Stand des oberen Endes des Fadens im Augenblick des Zusammenstosses. Das Luftbläschen bleibt, wenn die beiden Quecksilbermassen in Berührung getreten sind, an dem Punkte der Glasröhre haften, wo der Zusammenstoss erfolgte. Lässt man also um p Grade

---

entes hauteurs. Annal. de chim. et de physique, S. III, Bd. XIV, p. 206. 1845, auch Poggendorff's Annal. Bd. 85, S. 579. 1852.

[1]) Pernet. Beiträge zur Thermometrie. Carl's Repert. für physikal. Technik, 1875.

[2]) Bessel. Methode die Thermometer zu berichtigen. Poggendorff's Annal. Bd. VI, S. 289. 1826.

[3]) v. Oettingen. Ueber die Correction der Thermometer, insbesondere über Bessel's Calibrirmethode 1865. S. 47.

[4]) Kohlrausch. Leitfaden der praktischen Physik S. 60, 1872.

abkühlen und wiederholt die Neigung und Erschütterung, so reisst jetzt ein Faden von der verlangten Länge ab.

Ist umgekehrt ein Faden um p zu kurz, so vereinigt man ihn mit der übrigen Masse, erwärmt nach der Vereinigung um p, dann reisst die gewünschte Länge ab.

Auf diese Weise gelingt es in den meisten Fällen, Fäden bis auf Bruchtheile eines Grades von willkürlicher Länge abzureissen. Man darf jedoch den Muth nicht sinken lassen, wenn es die ersten paar Male nicht gelingen sollte.

Die Verschiebung der Quecksilberfäden in der Thermometerröhre sowie die Einstellung des oberen oder unteren Endes des Fadens auf irgend einen beliebigen Punkt der Scala erreicht man am besten durch leichtes Neigen oder geringes Erschüttern der Thermometerröhre.

Wie Gieswald [1]) angiebt, soll Hennert zuerst Thermometerröhren calibrirt und dabei die Methode befolgt haben, deren erste Anwendung man gewöhnlich Gay-Lussac [2]) zuschreibt. Diese Methode, die von Pierre [3]) genau in der Art und Weise beschrieben wurde, wie Regnault dieselbe auszuführen und in den Vorlesungen am College de France vorzutragen pflegte, besteht darin, dass ein kurzer Quecksilberfaden in der Röhre verschoben und der untere und obere Endpunkt desselben notirt wird; dann wird das untere Ende des Fadens genau an den Punkt gebracht, bis zu welchem bei der vorhergehenden Beobachtung das obere Ende des Quecksilbers reichte. Die ganze Röhre wird dadurch in eine Anzahl gleich grosser Volumtheile getheilt. Je kürzer der Faden, um so genauer können die einzelnen Theile der Röhre bestimmt werden.

So einfach die Methode zu sein scheint, so wenig ist sie praktisch genau ausführbar, da eine derartige genaue Verschiebung, namentlich wenn die Röhre etwas enge ist, sich nicht bewerkstelligen lässt.

Wir übergehen die Calibrirmethoden von Bessel [4]), Egen [5]) und Rudberg [6]), da dieselben sehr zeitraubend sind und grosse Rechnungen erfordern. Wir geben aber dafür eine Calibrirmethode, die vo

---

[1]) Gieswald. Lehre von der Thermometrie, der Pyrometrie, Hygrometri Psychrometrie und Barometrie S. 36, 1861.

[2]) Biot. Traité de physique expérimentale et mathematique T. I, p. 4 1816.

[3]) Pierre. Sur la marche comparative des thermomètres à mercure form par des verres différents. Annal. de chim. et de phys. S. III, Bd. V, p. 42 Anmerkung, 1842, auch Poggendorff's Annal. Bd. 57, S. 554, Anmerkung, 184 Ueber den vergleichenden Gang der verschiedenen Quecksilberthermometer a verschiedenen Glassorten.

[4]) Bessel. Methode die Thermometer zu berichtigen. Poggendorf Annal. Bd. 6, S. 287. 1826.

[5]) Egen. Untersuchungen über das Thermometer. Ibid. Bd. 11, S. 5 1827.

[6]) Rudberg. Ueber die Construction des Thermometers. Ibidem Bd. 4 S. 562. 1837.

F. E. Neumann in Königsberg herrührt und von Dorn [1]) veröffentlicht wurde. Die Vorzüge dieser Calibrirmethode sind doppelter Art. Einmal gestattet dieselbe die Calibrirung an der fertigen, auf der Scala befestigten Röhre vorzunehmen, wobei gleichzeitig ein etwaiger kleiner Theilungsfehler der Scala mit eliminirt wird, dann vereinfacht sie dadurch die Rechnung, dass die sämmtlichen verglichenen Volumina leicht auf ein Volumen zu beziehen sind, wie aus nachfolgendem Beispiele hervorgehen wird, das wir unseren Notizen entlehnen. Das Thermometer war ein gewöhnliches käufliches Instrument; die Calibrirung geschah von 10° zu 10°.

Zunächst wurde ein Quecksilberfaden von 90° Länge abgerissen, das untere Ende beim 0-Punkte angelegt und das obere Ende beobachtet; es reichte bis 90·4. Alsdann bewirkte man durch Schütteln, dass das untere Ende bei 10° stand; das obere Ende stand bei 100°. Hierauf wurde der Quecksilberfaden um 10° verkürzt und sein unteres Ende bei 0°, bei 10° und bei 20° angelegt, das obere Ende des Fadens war dann bei 80·5°, 90·6° und 100·2°. So verkürzte man den Faden immer um 10° und legte ihn dann jedesmal auf 0, 10, 20 etc. Grade an. Der beobachtete obere Stand der Quecksilberfäden ist in Tabelle I. zusammengestellt.

In gleicher Weise kann man, was hier jedoch nicht durchgeführt ist, dieselben Quecksilberfäden zur Controle auf 100, 90... 10° einstellen und das untere Ende der Fäden ablesen.

Tabelle I.

U	*O*	*O*	*O*	*O*	*O*	*O*	*O*	*O*	*O*
0	90·4	80·5	70·7	60·6	50·3				
10	100·0	90·6	80·6	70·6	60·5	50·2			
20		100·2	90·5	80·4	70·3	60·3	50·7		
30			100·1	90·4	80·2	70·3	60·8	50·5	
40				100·0	90·1	80·1	70·7	60·6	50·6
50					99·7	90·0	80·5	70·4	60·7

Aus dieser Tabelle, bei welcher *U* den unteren Stand, *O* den oberen Stand der Quecksilberfäden anzeigt, geht hervor, dass das Volumen der Röhre zwischen 0 und 10 ebenso gross ist, als das zwischen 90·4 und 100·0; denn der Raum zwischen 10·0 und 90·4 ist gerade noch so mit Quecksilber gefüllt als vorher, das Quecksilber aber, das sich früher zwischen 0 und 10·0 befand, befindet sich nunmehr zwischen 90·4 und 100·0. Aus demselben Grunde ist das Volumen der Röhre zwischen 0 und 10·0 ebenso gross als das zwischen 80·5 und 90·6 etc. Das Volumen zwischen 10° und 20°

[1]) Dorn. Die Station zur Messung von Erdtemperaturen zu Königsberg in Preussen und die Berichtigung der dabei verwandten Thermometer. Schriften der phys. ökonom. Gesellsch. zu Königsberg. Jahrgang XIII, S. 3. 1872.

ist ebenso gross als das zwischen 90·6 und 100·2, als das zwischen 80·6 und 90·5 etc.

Bezeichnet man nun mit (n) das Volumen vom $n$ten bis zum (n — 10)ten Scalentheil, so leiten sich aus den ersten beiden Zeilen der Tabelle I. die Volumina (100), (90)...(60), ausgedrückt durch (10), aus der zweiten und dritten ausgedrückt durch (20) ab etc. Diese Werthe enthält Tabelle II. In Tabelle III. sind die Werthe der Volumina (10), (20)...(50) durch (100), (90)...(60) ausgedrückt.

Tabelle II.

	(100) =	(90) =	(80) =	(70) =	(60) =
(10)	+ 0·4	— 0·1	+ 0·1	0·0	— 0·2
(20)	+ 0·4	+ 0·1	+ 0·2	+ 0·2	— 0·1
(30)	+ 0·4	0·0	+ 0·1	0·0	— 0·1
(40)	+ 0·4	+ 0·1	+ 0·2	+ 0·1	— 0·1
(50)	+ 0·4	+ 0·1	+ 0·2	+ 0·2	— 0·1
	+ 2·0	+ 0·2	+ 0·8	+ 0·5	— 0·6
	+ 0·4	+ 0·04	+ 0·16	+ 0·1	— 0·12

Tabelle III.

	(10) =	(20) =	(30) =	(40) =	(50) =
(100)	— 0·4	— 0·4	— 0·4	— 0·4	— 0·4
(90)	+ 0·1	— 0·1	0·0	— 0·1	— 0·1
(80)	— 0·1	— 0·2	— 0·1	— 0·2	— 0·2
(70)	0·0	— 0·2	0·0	— 0·1	— 0·2
(60)	+ 0·2	+ 0·1	+ 0·1	+ 0·1	+ 0·1
	— 0·2	— 0·8	— 0·4	— 0·7	— 0·8
	+ 0·58	+ 0·58	+ 0·58	+ 0·58	+ 0·58
	+ 0·38	— 0·22	+ 0·18	— 0·12	— 0·22
	+ 0·07	— 0·04	+ 0·03	— 0·02	— 0·04

Summirt man die einzelnen Columnen von Tabelle II., so ergiebt sic

$$5 . (100) = (10) + (20) + \cdots + (50) + 2·0$$
$$5 . (90) = (10) + (20) + \cdots + (50) + 0·2 \text{ etc.}$$

. Als Volumeneinheit wählen wir den $^1/_{50}$ Theil des Volumens zwi schen 0 und 50. Dieser Theil wird Normalscalentheil N genannt. Ma hat sodann

$$(100) = 10\,N + {}^{2·0}/_5 = 10\,N + 0·4 \text{ etc.}$$

wie die letzte Zeile von Tabelle II. angiebt.

Durch Addition der Columnen von Tabelle III. findet man umgekeh die Volumina (10), (20) etc. ausgedrückt durch (100), (90) etc., nämli

$$5 . (10) = (100) + (90) + \cdots + (60) — 0·2 \text{ etc.}$$

In Tabelle II. sind bereits die Correctionen angegeben, um (100), (90) u. s. w. durch Normalscalentheile auszudrücken. Man hat also

$$(100) + (90) + \cdots + (60) = 50\,N + 0{\cdot}58\,[1],$$

folglich

$$\begin{aligned} 5\,(10) &= 50\,N - 0{\cdot}2 + 0{\cdot}58 \\ &= 50\,N + 0{\cdot}38 \\ (10) &= 10\,N + 0{\cdot}07 \end{aligned}$$

und ebenso für (20), (30) etc.

Hierauf legt man über die Correctionen der Volumina eine eigene Tabelle an. Da der Zusammenhang der Normalscalentheile mit der Temperatur erst später durch Bestimmung der festen Punkte ermittelt wird, so steht es vorläufig frei den Punkt, von dem aus die Normalscalentheile gerechnet werden, willkürlich zu wählen. Wir setzen nun fest, dass der Normalscalentheil 0 mit dem abgelesenen Scalentheil 0 zusammenfällt. Man erhält dann die zum Zwecke ihrer Reduction auf Normalscalentheile an den abgelesenen Scalentheilen anzubringenden Correctionen durch Addition. Diese Correctionen sind in nachfolgender Tabelle IV. unter Correct. aufgeführt.

Tabelle IV.

Stand des Quecksilbers an der Theilung	Ermittelte Differenz der Volumina	Correct.
0		
10	+ 0·07	+ 0·07
20	— 0·04	+ 0·03
30	+ 0·03	+ 0·06
40	— 0·02	+ 0·04
50	— 0·04	0·0
60	— 0·12	— 0·12
70	+ 0·10	— 0·02
80	+ 0·16	+ 0·14
90	+ 0·04	+ 0·18
100	+ 0·4	+ 0·58

Für die zwischenliegenden Punkte sind die Correctionen durch Interpolation zu erhalten. Ist z. B. abgelesen 95·3, so sind die zugehörigen Normalscalentheile:

$$95{\cdot}3 + 0{\cdot}18 + \frac{0{\cdot}4\,.\,5{\cdot}3}{10} = 95{\cdot}3 + 0{\cdot}39 = 95{\cdot}69.$$

[1]) Die Summe der Werthe der letzten Zeile der Tabelle II.

Aus den abgelesenen Scalentheilen berechnet man nunmehr die Temperatur. Als wir die Fundamentalpunkte revidirten, fanden wir den Nullpunkt unseres Thermometers bei Scalentheil 0·4 liegend und den Siedepunkt bei 99·6 und nach dem Barometerstande berechnet ergab sich die Temperatur der Dämpfe zu 100·20. Wir haben also folgendes:

0 - Punkt	abgelesen:	0·4,	corrigirt	0·40
100·20 Temp. d. Dämpfe	„	99·6,	„	100·16,

da $99{\cdot}6 + 0{\cdot}18 + 0{\cdot}04 \,.\, 9{\cdot}6 = 99{\cdot}6 + 0{\cdot}18 + 0{\cdot}384 = 100{\cdot}16$.

Bezeichnet man nun durch t die Temperatur, durch s die corrigirten Scalentheile, so hat man

$$t = as + b,$$

worin die Constanten a und b mit Benutzung der beiden festen Punkte des Thermometers zu bestimmen sind.

$$\begin{aligned} 100{\cdot}20 &= a \,.\, 100{\cdot}16 + b \\ 0 &= a \,.\, 0{\cdot}40 + b \\ \hline 100{\cdot}20 &= a \,.\, 99{\cdot}76 \end{aligned}$$

$$a = \frac{100{\cdot}20}{99{\cdot}76} = 1{\cdot}0044$$

$$b = -\,0{\cdot}40$$

$$t = 1{\cdot}0044\ s - 0{\cdot}40,$$

wo s die corrigirten Scalentheile ausdrückt.

Um nun die Reduction auf Grade Celsius vorzunehmen, hat man zu s zu addiren:

$$t - s = 0{\cdot}0044 \,.\, s - 0{\cdot}40$$

also bei Scalentheil			
	0	0·0044 . 0 — 0·40	= — 0·40
	10	0·0044 . 10 — 0·40	= — 0·36
	20	0·0044 . 20 — 0·40	= — 0·31
	30		= — 0·27
	40		= — 0·22
	50		= — 0·18
	60		= — 0·14
	70		= — 0·09
	80		= — 0·05
	90		= 0·00
	100		= + 0·04

Die Tabelle IV. enthielt die Reduction der abgelesenen Scalentheile auf Normalscalentheile; zu den dort angegebenen Correctionen sind noch die eben gefundenen Zahlen zu addiren, um direct die abgelesenen Scalentheile auf Grade Celsius zu reduciren.

Tabelle V.

Abgelesene Scalentheile	Correction auf Grade Celsius	Differenz für 1° C.
0	— 0·40	
10	— 0·29	+ 0·011
20	— 0·28	+ 0·001
30	— 0·21	+ 0·007
40	— 0·18	+ 0·003
50	— 0·18	0·00
60	— 0·26	— 0·008
70	— 0·11	+ 0·015
80	+ 0·09	+ 0·020
90	+ 0·18	+ 0·009
100	+ 0·62	+ 0·044

Hätte man nun z. B an dem Thermometer den Quecksilberstand 57·4 abgelesen, so würde dies eine Temperatur von 57·16° anzeigen, da

$$57{\cdot}4 - 0{\cdot}18 - 7{\cdot}4 \,.\, 0{\cdot}008 = 57{\cdot}16.$$

Kommt es auf möglichst genaue Ermittelung der absoluten Temperatur und Vergleichung von Thermometern an, so sind die Ergebnisse der Versuche Pernet's wohl in Betracht zu ziehen. Dieser Forscher fand nämlich, dass die Depressionen, welche der Nullpunkt eines Thermometers erleidet, jeweilen mit grosser Annäherung dem Quadrate der Temperatur proportional sind, welcher das Thermometer längere Zeit ausgesetzt wurde. Bei genauen Messungen bestimmt man darum vor und nach denselben den Nullpunkt, setzt dann das Thermometer ungefähr 3 Stunden einer höheren Temperatur aus, als die höchste bei den Messungen gewesen war und bestimmt hierauf abermals den Nullpunkt. Betrug vor den Messungen die Nullpunktscorrection a Grade und nach der Erwärmung $a - c$ Grade, so ist abgesehen von allen anderen Correctionen bei den gemessenen Temperaturen

$$a - \frac{(a - c)\, t^2}{T^2}$$

als jeweilige Nullpunktscorrection in Anrechnung zu bringen, wo t die abgelesene Temperatur bei den Messungen bedeutet und T die höhere bei der Prüfung des Thermometers. Die nach den Messungen und vor der Prüfung bestimmte Nullpunktscorrection dient als Controle der berechneten Depression für die letzte Messung. Die Messungen müssen

bei steigender Temperatur vorgenommen werden, denn sonst wirken die früheren Depressionen nach.

Wäre z. B. bei einem Thermometer vor der Messung der Nullpunkt bei 0·31⁰ beobachtet worden und man fände nach der Messung nach längerer Erwärmung auf 54⁰ denselben bei 0·20, so wäre bei Messungen, bei denen das Thermometer 40⁰ gezeigt hätte, die Nullpunktscorrection

$$- 0{\cdot}31 + \frac{0{\cdot}11 \,.\, 40 \,.\, 40}{54 \,.\, 54}$$
$$= - 0{\cdot}31 + 0{\cdot}06$$
$$= - 0{\cdot}25,$$

die Temperatur wäre darum 40 — 0·25 = 39·75⁰ gewesen.

Schliesslich machen wir noch darauf aufmerksam, dass bei empfindlichen Thermometern in Folge des Druckes der Quecksilbersäule die Nullpunktscorrection bei verticaler Stellung eine andere ist als bei horizontaler, und daher die der Lage entsprechende Correction jeweilen in Berechnung zu ziehen ist.

c. Die Vergleichung zweier Thermometer. Die Vergleichung zweier Thermometer geschieht in der Weise, dass man die Quecksilberbehälter der Thermometer in gleicher Höhe nahe bei einander mitten in ein Wassergefäss, das durch Umkleidung von Filz vor Abkühlung geschützt ist, einsenkt und mit einem Fernrohre den Stand der Quecksilbersäule in beiden Thermometern abliest. Vor dem Ablesen rührt man stets gut um. Indem man nun in das Wassergefäss verschieden temperirtes Wasser bringt, werthet man Grad für Grad mit dem Normalthermometer aus. G. v. Liebig [1]) gebrauchte zum Vergleich zweier Thermometer ausserdem noch die Vorsicht, dass er den Vergleich in einem hölzernen Gefässe vornahm, das mit einem Deckel verschlossen werden konnte, welcher in der Mitte eine kleine Oeffnung hatte; in diese Oeffnung wurden die Thermometer eingesteckt und die Lücken mit Baumwolle verstopft. Die Wassermasse war in Liebig's Versuchen so gross, dass das Quecksilber bei 20⁰ fünf Viertelstunden nöthig hatte, um einen Grad zu sinken.

2. Das metastatische Thermometer.

Bei der Bestimmung des Siedepunktes haben wir als nothwendig angegeben, dass das Thermometer mit seinem ganzen Stiel in dem Dampfe stecken muss. Da nun der Dampf ungeachtet seiner steten Erneuerung in einer gewissen Entfernung von seinem Ausgangspunkte

[1]) G. v. Liebig. Ueber die Temperaturunterschiede des venösen und arteriellen Blutes S. 11, 1853.

nicht mehr die ursprüngliche Temperatur besitzt, so kann ein mit Sorgfalt construirtes Thermometer nur einen Fundamentalabstand von höchstens 3 bis 4 dm Länge haben. Durch diesen Umstand aber wird der Zwischenraum zwischen den einzelnen Graden sehr klein; um einen grösseren Zwischenraum zwischen zwei Graden zu erhalten, hat man sich daher genöthigt gesehen, die Grade auf verschiedene Thermometer zu vertheilen und Thermometer zu construiren, die nur innerhalb einer bestimmten Temperaturgrenze zu gebrauchen sind. Giebt man z. B. jedem einzelnen Thermometer einen Umfang von 15 Graden, so geht

das erste von 0° bis 15°,
das zweite „ 10 „ 25,
das dritte „ 20 „ 35 u. s. w.

Eine derartige Suite von Thermometern nennt man ein Thermometerspiel. Die Schwierigkeit eine solche Anzahl leicht vergleichbarer Thermometer herzustellen leuchtet von selbst ein.

Um diesem Uebelstande abzuhelfen hat Walferdin [1]) ein Thermometer construirt, das für sich allein das erwähnte Thermometerspiel ersetzt und das dabei ebenso empfindlich ist, als jedes in diesem, und nicht die Länge eines gewöhnlichen Thermometers übersteigt. Dieses Instrument nennt Walferdin ein metastatisches Thermometer. Als thermometrische Flüssigkeiten wendet Walferdin Quecksilber und Weingeist an.

a. **Das metastatische Quecksilberthermometer.** Dieses Instrument ist so eingerichtet, dass man das Quecksilberniveau nach Belieben verändern und somit Temperaturen, die der, welche man wünscht, nahe liegen, leicht anpassen kann.

Das metastatische Quecksilberthermometer hat am unteren Ende einen Behälter von solcher Grösse, dass wenn der Stiel eine Länge von 25 bis 30 cm hat, die gesammte Anzahl der Abtheilungen seiner willkürlichen Scala etwa 15° entspricht. Das obere Ende des Stiels endigt in einer Kammer, s. a. f. S. Fig. 71 $^1/_2$ nat. Gr., von umgekehrter Kegelgestalt. Dieser Kegel hat den Zweck eine gewisse Menge Quecksilber, die von der im Behälter befindlichen nach Belieben abgetrennt worden ist, schwebend zu erhalten, wie man dies in Fig. 72 $^1/_2$ nat. Gr. abgebildet sieht. Um das Quecksilber dahin zu bringen, erwärmt man den Behälter bis das Quecksilber in die obere Kammer gestiegen ist, Fig. 73 $^1/_2$ nat. Gr., und sobald das Instrument in eine Temperatur gebracht ist, die der mit Genauigkeit zu beobachtenden nahe liegt, neigt man es und giebt ihm einen leichten Stoss mit dem Finger bis sich oben ein Stück der Quecksilbersäule ablöst, welches dann beim Sinken der Temperatur in der Kammer hängen bleibt. Vergleicht man alsdann die Endpunkte der

---

[1]) Ueber die Einrichtung der Thermometer des Herrn Walferdin. Poggendorff's Annal. Bd. 57, S. 541. 1842.

Scala mit einem Normalthermometer, so kennt man die Anzahl der Abtheilungen, die einem Centesimalgrade entsprechen.

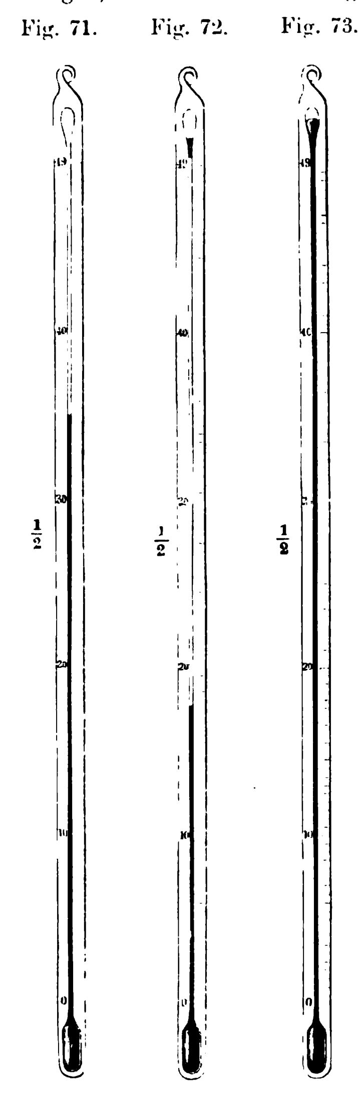


Fig. 71. Fig. 72. Fig. 73.

Das metastatische Quecksilberthermometer ist nun zum Gebrauche fertig und kann innerhalb der Grenzen seiner neuen Scala zu genauen Temperaturbestimmungen angewandt werden, ohne dass man befürchten muss, dass das in der Kammer zurückgebliebene Quecksilber herunterfällt.

Will man das Instrument auf seinen Normalzustand zurückführen, so erwärmt man den Quecksilberbehälter, bis das Quecksilber im Stiel mit dem in der Kammer zurückgebliebenen wieder in Berührung kommt; hat die Vereinigung stattgefunden, so lässt man die Temperatur langsam sinken, bis das Quecksilber wieder seinen früheren Platz in der Röhre eingenommen hat.

Wie man sieht, ist es sehr leicht, dieses Instrument zu Temperaturbestimmungen aller Art zu benutzen, da es immer möglich ist, die in die conische Kammer zu bringende Quecksilbermenge nach Belieben zu vergrössern oder zu verringern und somit für diejenige Temperatur einzurichten, die man als Ausgangspunkt zu wählen für gut findet. Das Walferdin'sche Instrument erlaubt Temperaturunterschiede von $^1/_{100}$° C. direct abzulesen und behält für alle Temperaturen, die das Quecksilber anzuzeigen vermag, gleiche Empfindlichkeit.

Noch geringere Temperaturunterschiede als das metastatische Quecksilberthermometer giebt das metastatische Weingeistthermometer an, dessen Einrichtung anbei folgt.

b. Das metastatische Weingeistthermometer. Dieses Instrument, Fig. 74 $^1/_2$ nat. Gr., erlaubt bei einer Länge von nur 2 bis 3 dm den tausendsten Theil eines Centesimalgrades direct abzulesen. Um diesem

Instrumente eine hinlängliche Empfindlichkeit zu geben, ohne dass sein Behälter ein grösseres Volumen besitzt als das eines gewöhnlichen Thermometers, und ohne dass seine Länge über 2 bis 3 dm hinausgeht, wendet Walferdin eine so feine Capillarröhre an, dass in sie Quecksilber unmittelbar nicht hineinzubringen ist. An das eine Ende dieser Capillarröhre ist ein Behälter angeblasen, der auf die gewöhnliche Weise durch Erwärmen mit Alkohol gefüllt wird. Die vom Alkohol benetzte Röhre erlaubt nun einen Tropfen Quecksilber hineinzubringen und dieses Tröpfchens bedient sich Walferdin als Zeiger. Man sieht dasselbe in der Abbildung bei *a* Fig. 74 $^1/_2$ nat. Gr.

Fig. 74.

a

$\frac{1}{2}$

Oben endigt das Capillarröhrchen in eine kleine Ausbuchtung, an der zur Seite ein kleiner Sack angebracht ist, wie man dies in der Figur bemerkt. Dieser Sack dient dazu, um das Quecksilbertröpfchen aufzunehmen, das man von da aus in die Mündung der Röhre jederzeit fallen lassen kann. Ist dieses Tröpfchen einmal in die Röhre gebracht, so sinkt und steigt es mit dem sich zusammenziehenden oder ausdehnenden Alkohol.

Will man mit diesem Instrument geringe Temperaturunterschiede messen, so wird zunächst die Temperatur des betreffenden Mediums oder Objectes durch ein gewöhnliches Thermometer bestimmt, z. B. 37° C.; alsdann bringt man das metastatische Thermometer auf etwas höhere Temperatur, z. B. 37·5° C., dabei das Quecksilbertröpfchen in dem seitlichen Sack zurückhaltend. Hierauf schüttet man das Tröpfchen aus dem Sacke in den Hals der Kammer, so dass es in die Röhre tritt, sobald die Temperatur des Mediums zu sinken beginnt. Dann merkt man sich an der willkürlichen Scala des metastatischen Thermometers den Punkt, an welchem das Quecksilbertröpfchen stehen bleibt, und liest zugleich die Temperatur am Normalthermometer ab. Das Quecksilbertröpfchen bleibt z. B. bei der Zahl 70 stehen, d. i. der 700sten Abtheilung des metastatischen Thermometers = 37·4° C. des Normalthermometers.

Bei Anstellung eines Versuchs beobachtet man zunächst den Punkt, wo das Tröpfchen bei der gesuchten Temperatur stehen bleibt, z. B. bei 405 in Fig. 74, $^1/_2$ nat Gr. Darauf, wenn die Temperatur des Mediums, welches zu dem ersten Vergleich gedient hat, unter die Temperatur, bei welcher das Tröpfchen während des Versuchs stehen blieb, gesunken ist, z. B. 36·4° C., taucht man das metastatische Thermometer und das Normalthermometer abermals in das Medium. Der Tropfen sinkt alsdann in der Röhre hinab, z. B. bis zum Nullpunkte, der sonach 36·4° entspricht. Aus den beiden an den

äussersten Punkten der Röhre des metastatischen Thermometers gemachten Vergleichungen leitet man den Werth eines Grades in Theilen seiner willkürlichen Scala ab. In dem gewählten Beispiele entspricht der Grad 700 Abtheilungen, weil in dem Medium von 37·4°, welches zur ersten Vergleichung diente, das Tröpfchen sich auf der 700sten Abtheilung des metastatischen Thermometers befand und weil es in dem Medium von 36·4° auf Null war. Addirt man nun zur Vergleichungstemperatur 36·4°, die dem Werthe von 405 Abtheilungen entsprechende Temperatur, welche da 700 Abtheilungen auf einen Grad kommen $= {}^{405}/_{700} = 0{\cdot}578$ ist, so findet man, dass die bei dem Versuche beobachtete Temperatur 36·4° + 0·578° = 36·978° ist.

Wie man sieht, eignen sich die Walferdin'schen Thermometer zu den empfindlichsten Messungen.

3. Das Maximumthermometer von Ehrle.

Dieses Instrument wurde auf Veranlassung von Ehrle [1]) von Alverguiat construirt. Dasselbe ist bis auf die feine Haarröhre und den nur 2 cm langen Quecksilberbehälter ganz solide von Glas. Die Länge des Instrumentes ist 26 cm. Die auf dem Glase selbst am oberen Ende angebrachte 8 cm lange Gradeintheilung geht, entsprechend der Calibrirung, nur von 33 bis 43° C. Die Striche der Zehntelgrade stehen dadurch in weiter Distanz, wodurch das Ablesen wesentlich erleichtert wird. Der feine Quecksilberfaden ist durch eine kleine Luftblase so unterbrochen, dass eine 2 cm lange Quecksilbersäule von der Spitze des Fadens abgetrennt bleibt. Diese losgetrennte kleine Quecksilbersäule steigt beim Messen einer höheren Temperatur mit der Hauptsäule in die Höhe, bleibt aber durch die capilläre Adhärenz dort feststehen, wo das Steigen aufhört. Ihre Spitze dient so als Zeiger für das Temperaturmaximum der Messungszeit. Reducirt wird die bei gewöhnlicher Handhabung des Instrumentes ganz feststehende, anzeigende Quecksilbersäule durch wiederholte Stösse gegen die mit einem Tuchlappen bedeckte Hohlhand.

Hämmert man die anzeigende Säule bis ins Reservoir hinab und bringt so die eingeführte Luftblase zum Aufsteigen, so wird selbstverständlich das Instrument als Maximalthermometer unbrauchbar.

Ueber die Constanz der Temperaturangaben mit diesem Instrumente liegen bis jetzt keine Erfahrungen vor. Jedenfalls aber bringt die Erschütterung des Instrumentes vor oder nach jeder Messung es mit sich.

---

[1]) Ehrle. Ueber eine Neuerung in der Technik der Körperwärmebeobachtung. Berlin klin. Wochenschr. VI. Jahrg., S. 87. 1869. Derselbe. Ueber den Quecksilbermaximalthermometer mit permanenter feiner Luftblase für die Körperwärmebeobachtung am Krankenbette, für physiologische und pharmakodynamische Versuche. Deutsch. Arch. für klin. Med. Bd. VII, S. 345. 1870.

Fig. 75.

A B C D E 1/3

dass öfters vergleichende Temperaturbestimmungen mit einem Normalthermometer gemacht werden müssen.

4. Die Thermometer zum Messen der Innentemperatur des Thierkörpers.

Die Thermometer, die zum Messen der Innentemperatur benutzt werden, haben eine von den gewöhnlichen Thermometern abweichende Gestalt, die sich nach der Applicationsstelle richtet.

a. Die Thermometer zum Messen der Temperatur in tief gelegenen Körpertheilen. Um die Temperatur in tief gelegenen Körpertheilen, z. B. der unteren Hohlvene, zu messen, hat Heidenhain[1]) Thermometer von der Gestalt Fig. 75 $^1/_3$ nat. Gr. construirt. An ein ca. 20 mm langes cylindrisches Quecksilbergefäss *A* ist eine ca. 32 cm lange sehr dickwandige Capillare *B* von 3 mm äusserem Durchmesser angeschmolzen, die bei *C* in eine gleichweite aber dünnwandige Capillare *D* übergeht, die von einer cylindrischen Glasröhre *E* umgeben ist. Der Capillartheil *D* ist mit einer Milchglasscala versehen, die eine Gradtheilung in 0·1° C. besitzt. Die Scala erstreckt sich über ein Intervall von ungefähr 28° bis 45°. Jeder Grad hat eine Länge von 0·6 mm. Es können sonach 0·01° C. bei einiger Uebung bequem abgeschätzt werden.

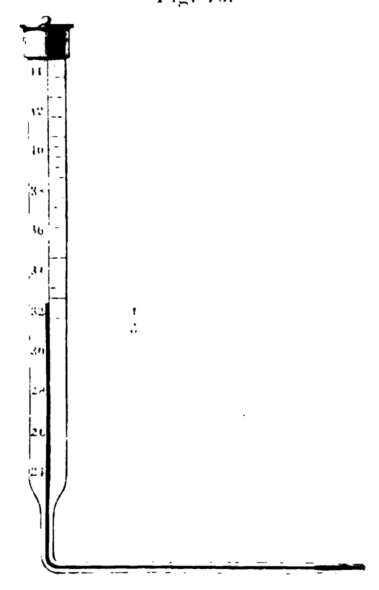
Thermometer dieser Form geben nur dann sichere Resultate, wenn die Capillare *B* einen möglichst geringen Rauminhalt im Verhältniss zu dem Quecksilbergefäss *A* besitzt. Denn wenn die Quecksilbermasse in *B* einen in Betracht kommenden Bruchtheil der in dem Gefässe *A* enthaltenen Quecksilbermenge ausmacht, läuft man Gefahr, Temperaturangaben zu erhalten, welche nicht der wirklichen Temperatur des Orts, an dem sich das Quecksilbergefäss befindet, entsprechen. Sehr wichtig ist, dass die Capillare *B* bei *C*, wo sich in der Regel eine Löthung befindet, keine Erweiterung erfährt. Ist dies der Fall, so bildet dieselbe gleichsam ein zweites kleines Quecksilbergefäss, dessen Temperatur auf die Anzeigen des Thermometers einen sehr merklichen Einfluss ausübt.

Diese Instrumente lassen sich bei grösseren Hunden

[1]) Heidenhain. Ueber bisher unbeachtete Einwirkungen des Nervensystems auf die Körpertemperatur und den Kreislauf. Pflüger's Arch. Bd. III, S. 506. 1870.

mit Leichtigkeit von der Carotis aus in die Aorta resp. den linken Ventrikel, von der V. jugul. extern. aus in beide Abtheilungen des rechten Herzens, in die untere Hohlvene und bei einiger Uebung in Zweige der Lebervene einführen. Bei nicht zu grossen Hunden gelangt man vom unteren Ende der Jugularis externa aus leicht bis zur Theilungsstelle der V. cava inferior in die beiden V. iliac. commun. oder selbst in eine der letzteren Venen. Der Blutstrom wird in allen diesen weiteren Gefässen durch die schlanken Thermometerröhren nicht wesentlich beeinträchtigt. Heidenhain hat dieselben nach dem Tode der Thiere niemals von Gerinnseln umgeben gefunden. Die Einführung dieser Thermometer in die Gefässe muss sehr langsam geschehen; Bestreichen von Quecksilberbehälter und Stiel mit Oel erleichtert die Einführung; da die Instrumente leicht zerbrechlich sind, so müssen die Thiere vor dem Einführen derselben curarisirt sein, und da die Thermometerröhren das Lumen der Gefässe nicht vollständig ausfüllen, so müssen sie in die Blutgefässe eingebunden werden.

Fig. 76.



Die Temperatur von Fröschen bestimmt man nach Lassar [1]) am besten dadurch, dass man ein sehr dünnes Thermometer in deren Magen einführt. Bei der Ausführung der Messung hat man darauf zu achten, dass den Thieren durch Leitung keine Wärme zuströmt.

b. Die Thermometer zum Messen der Temperatur im Rectum. Zum Messen der Temperatur im Rectum wendet man bei Thieren entweder gewöhnliche Thermometer an oder Thermometer von der Gestalt wie sie Fig. 76, $^1/_3$ natürl. Gr. zeigt. Die Länge der Thermometerröhre bis zur Umbiegung ist ungefähr 12 bis 13 cm. Derartige Thermometer wurden von Heidenhain zuerst angegeben.

Wenn man bei Thieren die Temperatur im Mastdarm misst, so darf man sie nicht festbinden. Kussmaul und Tenner [2]) machten zuerst

---

[1]) Lassar. Ueber das Fieber der Kaltblüter. Pflüger's Archiv, Bd. X. S. 636. 1875.

[2]) Kussmaul und Tenner. Ueber den Einfluss der Blutströmung in den grossen Gefässen des Halses auf die Wärme des Ohrs beim Kaninchen und ihr Verhältniss zu den Wärmeveränderungen, welche durch Lähmung und Reizung des Sympathicus bedingt werden. Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere Bd. I, S. 105. 1857.

darauf aufmerksam, indem sie nachwiesen, dass bei Kaninchen, weniger bei Hunden, die Temperatur im Mastdarm in der Rückenlage stetig und um so mehr abnimmt, je unbeweglicher die Thiere festgebunden sind, und je kühler und leitender die Unterlage genommen wird. Bei sehr starker Streckung und auf blossem Brette kann die Abkühlung sogar im Mastdarm bei einer äusseren Wärme von 11° C. binnen einer Stunde 2° C. betragen. Auf Grund dieser Angaben, von deren Richtigkeit man sich leicht überzeugen kann, fesselt man die Thiere, deren Temperatur im Mastdarm gemessen werden soll, nicht, sondern nimmt die Temperaturmessung vor, wenn die Thiere ruhig sitzen oder liegen.

Während sich die Einführung des Thermometers bei grossen Thieren von selbst ergiebt, geschieht die Einführung des Thermometers bei Kaninchen am besten so, dass man das Hintertheil des Thieres mit der einen Hand leicht fixirt, indem man den Schwanz an seiner Wurzel fasst, mit der anderen Hand aber die Kugel des in Pronation wie eine Feder gefassten beölten Thermometers durch den Anus einbringt. Indem man nun in Supination übergeht, kann man leicht das Thermometer längs der Kreuzbeinexcavation ungefähr 7 cm tief einführen. Soweit man die Sache mit dem Auge taxiren kann, bildet dann das Thermometer immer denselben nach unten offenen stumpfen Winkel mit der Längsaxe des Thieres. Wenn man vollkommen frei misst, muss das Thier an den Rand des Tisches gesetzt werden, weil das Thermometer sonst auf den Tisch aufstossen würde.

Will man die Thiere aber fixiren, so kann man entweder nach Tiegel, Manassein oder Fleischer verfahren.

Zum Fixiren des Thieres wandte Tiegel[1]) einen besonderen dem Thiere eng anliegenden Käfig von Drahttuch an, in den das Thier entweder von selbst hineinkriecht oder durch leichtes Stossen und Schütteln hineingebracht werden kann. Mit dem Hintertheil zu oberst wird das Thier dann auf ein schräg gestelltes Brett gesetzt, so dass der Kopf des Thieres und das freie Ende des gleichfalls durch ein geneigtes Brett gestützten Thermometers sich auf dem Tische befinden.

Manassein[2]) empfiehlt Kaninchen in Leinwandstreifen von 2 bis 3 m Länge und 8 bis 13 cm Breite in der Art einzuwickeln, dass das Thier seine Beine nicht bewegen kann; dabei werden die Hinterbeine leicht zu dem Bauche angezogen. Beim Einwickeln muss man darauf Acht geben, dass das Athmen vollkommen ungehindert bleibt; der Kopf, der Hals und der hintere Theil des Rückens von der Kreuzbeingegend sind darum vollkommen frei zu lassen. Die Kaninchen gewöhnen sich sehr leicht an solches Einwickeln, welches bei einiger Uebung rasch und bequem von statten geht. Die Temperatur des Thieres wird dabei

---

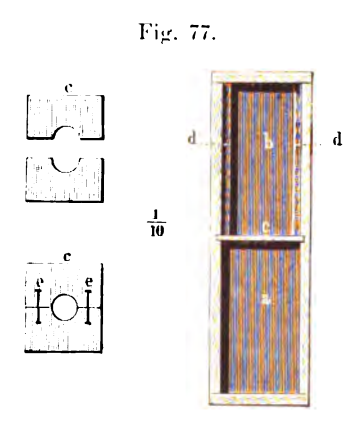
[1]) Tiegel. Ueber die fiebererregenden Eigenschaften des Microsporon septicum 1871, S. 18.

[2]) Manassein. Zur Lehre von den temperaturherabsetzenden Mitteln. Pflügers Archiv Bd. IV, S. 287. 1871.

nicht im geringsten verändert. Das Thier liegt vollkommen ruhig mit dem Rücken nach unten gekehrt auf dem Schoosse des Experimentators.

Fleischer [1]) fand folgende Vorrichtung vorzüglich zu Temperaturmessungen bei Kaninchen. Ein hölzerner Kasten von 44 cm Länge ist durch eine Scheidewand *c* in zwei Theile getheilt, Fig. 77, $^1/_{10}$ nat. Gr. Die Scheidewand besteht aus zwei in der Mitte mit einem kreisförmigen Ausschnitt versehenen Brettchen, von denen das untere auf den Boden festgenagelt ist, das obere aber heraus- und hineingeschoben werden kann.

Fig. 77.



An dem unteren Brettchen sind zwei Federn *e* befestigt, welche beim Einschieben des oberen zwei in diesen eingelassene Stifte fassen, so dass die Wand unverrückbar feststeht. Auf den halbkreisförmigen Einschnitt des unteren Brettchens, welcher sich nach dem Einschieben des oberen zu einer kreisförmigen Oeffnung gestaltet, kommt der Hals des Kaninchens zu liegen. Der Kopf befindet sich dann in dem vorderen Raume *a*, während der übrige Körper in dem anderen *b* steckt. *b* ist etwa 10 cm breit und 21 cm lang, kann aber, je nach der Grösse des Kaninchens, durch zwei zu beiden Seiten einschiebbare Brettchen *dd* von $^3/_4$ cm Dicke verengert oder erweitert werden. Die vordere Wand des Kastens besteht nur aus zwei Querleisten, so dass eine Oeffnung zwischen beiden zum Einführen von Futter etc. bleibt. Von der hinteren Wand ist die untere Hälfte weggenommen, um das Thermometer in den hier befindlichen Anus einzuführen; die Kanten sind mit Gummi bekleidet. Nachdem das Thier in den Kasten gebracht ist, kann ein Deckel über denselben geschoben werden. Unter diesen Verhältnissen sitzt das Thier in seiner gewöhnlichen Stellung und befindet sich im Normalzustande.

Die Messungen im After sind keineswegs ohne alle Fehlerquellen [2]). Ist z. B. das Rectum voller Koth und geräth die Thermometerkugel in den Koth hinein, so ist die Temperatur gewöhnlich etwas niedriger als beim leeren Rectum; ist das Rectum sehr leer, und zieht es sich krampfig um das Thermometer zusammen, so dass die Gefässe leerer werden, so können dadurch Schwankungen im Thermometer hervorgerufen werden.

Die Temperatur im Rectum der Hunde schwankt nach Messungen,

---

[1]) Fleischer. Die Wirkung der Blausäure auf die Eigenwärme der Säugethiere. Ibid. Bd. II, S. 437. 1869.

[2]) Billroth. Beobachtungsstudien über Wundfieber und accidentelle Wundkrankheiten Arch. für klinische Chirurgie Bd. VI, S. 378. 1864.

die Billroth[1]) an 32 Hunden anstellte, zwischen 38·2° und 40·15° C. Die Differenz beträgt also etwa 2° C. Die Temperatur im Mastdarm von Kaninchen schwankt ebenfalls zwischen 38 und 40° C. Kussmaul und Tenner beobachteten bei einem normalen Thiere sogar einmal 41·9° C.[2]).

5. Die Thermometer zum Messen der Aussentemperatur des Thierkörpers.

Besondere Instrumente um die Hauttemperatur eines Thieres direct zu messen, sind unseres Wissens bis jetzt nicht in Gebrauch gekommen. Man begnügte sich entweder damit, dass man ein gewöhnliches Thermometer in eine Hautfalte einlegte oder zwischen die Zehen z. B. beim Hunde ein Thermometer einsteckte. Um diesem Mangel abzuhelfen, möchten wir das Contactthermometer Fourier's einer Prüfung empfehlen.

a. Das Contactthermometer von Fourier [3]). Dieses Instrument wurde ursprünglich von Fourier zu dem Zwecke construirt, um das Wärmeleitungsvermögen dünner Körper zu studiren. Dieses Contactthermometer, Fig. 78 (a. f. S.) in nat. Gr., besteht aus einem kegelförmigen Gefässe *A* von sehr dünnem Eisenblech, an das eine kurze Röhre *B* angedichtet ist. Die kreisrunde Grundfläche ist mit einer thierischen Blase *C*, die in der Rinne *D* fest gebunden ist, lose überspannt. Der Behälter wird mit Quecksilber zu $^3/_4$ gefüllt und in das Quecksilber ein Thermometer *E* gesteckt, das durch den Kork *F* festgehalten wird.

Die Benutzung des Instrumentes ergiebt sich von selbst, doch muss man, um der zu untersuchenden Fläche nicht zu viel Wärme zu entziehen, das Instrument vorher annähernd auf die Temperatur der Unterlage bringen. Thermometer mit breiter ebener Basis des Quecksilberbehälters eignen sich, wie Heidenhain beobachtete, zur Messung der Hauttemperatur nicht, denn der Boden solcher Thermometer zeigt sich sehr elastisch, so dass Druck auf denselben Schwankungen des Quecksilberfadens erzeugt.

---

[1]) Billroth. Neue Beobachtungsstudien über Wundfieber. Ibid. Bd. XIII, S. 603. 1871.

[2]) Billroth beobachtete, dass wenn man ein starkes Gummiband um den Quecksilberbehälter eines empfindlichen Thermometers legt und stark anzieht, man die Quecksilbersäule um einige Zehntel Grade hinauftreiben kann. Um nun jeglichen Verdacht auszuschliessen, dass sich das Rectum beim Einlegen des Thermometers krampfhaft zusammenziehe, die Quecksilbersäule in die Höhe drücke und höhere Temperatur anzeige, wandte Billroth Thermometer an, die mit einer Glashülse umgeben waren, in der sich Alkohol befand. Neue Beobachtungsstudien über Wundfieber. Archiv für klinische Chirurgie Bd. XIII, S. 604. 1871.

[3]) Fourier. Recherches experimentales sur la faculté conductrice des corps minces soumis à l'action de la chaleur, et description d'un nouveau thermomètre de contact. Annal. de chim. et de physique T. 37, p. 291. 1828. Versuche über die Wärmeleitung in dünnen Körpern und Beschreibung eines neuen Conductthermometers. Poggendorff's Annal. Bd. 13, S. 327. 1828.

b. Das Differentialthermometer von Donders[1]). Dieses Instrument unterscheidet sich nur dadurch von dem Thermoskope Rumfords[2]), dass es nicht auf einem Brette befestigt, sondern leicht transportabel ist. Seine Anwendung empfiehlt sich überall da, wo man die Temperatur verschiedener Körperpartien vergleichen will. Es besteht aus einer zweimal rechtwinklig gebogenen Glasröhre mit Kugeln, welche oben etwa 8 cm von einander entfernt sind. Die Kugeln und der angrenzende Theil der Röhren sind mit Luft, die Röhre mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt. Sobald man die Kugeln an verschieden temperirte Stellen anlegt, findet sogleich eine Bewegung der Flüssigkeit nach der kühleren Seite hin statt. Absolute Bestimmungen lassen sich mit diesem Instrumente nicht machen, doch ist die Schnelligkeit, mit der sich die Flüssigkeit bewegt, einigermaassen maassgebend für die Verschiedenheit der Temperatur.

Fig. 78.



Ein Vortheil dieses Instrumentes ist, dass das erste Moment unmittelbar entscheidend ist. Nur einen Moment wird es angesetzt, nach 3 bis 4 Secunden ist die Beobachtung gemacht und aus der Bestimmung, wieviel sich die Flüssigkeit in dieser Zeit bewegt, lässt sich auch über den Grad der Verschiedenheit der Temperaturen etwas aussagen. Giebt man den Kugeln verschiedene Distanzen, so können dadurch Punkte von beliebiger Entfernung mit einander verglichen werden.

6. Die Thermoelemente.

Statt der Thermometer wendet man bei physiologischen Untersuchungen häufig Thermoelemente an, indem man die durch Temperaturdifferenz an den Contactstellen

[1]) Sitzungsber. der ophthalmologischen Gesellschaft im Jahre 1871. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde IX. Jahrg. S. 334. 1871.

[2]) Rumford. Description d'un nouvel instrument de physique. Mémoire de l'institut des sciences lettres et arts Bd. VI. S. 71. 1806.

zweier Metalle (Wismuth-Antimon, Platin-Eisen, Neusilber-Eisen) auftretende elektromotorische Kraft zur Messung benutzt. Den Thermoelementen kann man jede beliebige Form und sehr geringe Dimensionen geben, so dass man sie an die Körper andrücken oder in dieselben einsenken kann, ohne ihnen eine bedeutende Wärmemenge zu entziehen.

Da an einander gelöthete Wismuth- und Antimonstäbchen sehr leicht zerbrechen, so hat Poggendorff [1]) vorgeschlagen, Eisen und Neusilber als Thermoelemente zu benutzen, sei es in Form eines Drahtes, den man um die Körper legt oder durch sie hindurchzieht, sei es in Gestalt von Nadeln, die man in die zu untersuchenden Körper, z. B. thierische Gewebe, einsticht.

Wir geben anbei die Beschreibung der Thermoelemente, die zu thermoelektrischen Untersuchungen am lebenden Thiere von Heidenhain construirt und trefflich bewährt gefunden wurden. Körner [2]) hat dieselben publicirt. Dieselben bestehen aus Neusilber- und Eisendrähten und eignen sich mit geringen Modificationen in der Form wohl zu jeglicher Anwendung.

Solche Thermoelemente stellt man dadurch her, dass man je zwei Neusilber- und Eisendrähte an einem Ende zufeilt und dann möglichst fein mit Silber verlöthet. Von der Löthstelle aus werden die Drähte lackirt; dann werden schmale Glimmerstreifen dazwischen geschoben, die man mit dichten Seidentouren auf die Drähte festwickelt. Ist dies sorgfältig geschehen, so wird das Ganze noch mit Schellack überzogen. In dieser Lackhülle werden die Drähte in längere oder kürzere etwa 4 mm weite Glasröhren so eingeschoben, dass nur die Löthstellen frei aus dem Röhrenende hervorragen. Die Löthstellen werden mit Porcellankitt überzogen und die beiden Enden der Glasröhren mit demselben Kitt oder durch Siegellack geschlossen. Der Porcellankitt hat vor allen Firnissen, Lacken etc. den Vorzug, dass er auch bei längerem Aufenthalt in der Temperatur des Thierkörpers nicht erweicht, sondern zuverlässig hart bleibt. Die aus den Glasröhren auf der der Löthstelle entgegengesetzten Seite hervorragenden Drähte sind ihrer ganzen Länge nach in Gummi eingehüllt. Die Eisendrähte stehen in Verbindung mit dem Gyrotropen, während der Neusilberdraht eine ununterbrochene Verbindung der Nadeln bildet.

Bei thermoelektrischen Messungen wendet Heidenhain noch folgende zu beachtende Maassregeln an: der Gyrotrop steht unter einem Kasten, dessen unterer Rand mit Watte verstopft ist. Das Umlegen der Wippe geschieht aus der Entfernung mittelst einer eine Kastenwand durchbohrenden hölzernen Stange. Von der Wippe gehen die in

---

[1]) Poggendorff. Neue thermoelektrische Kette. Poggendorff's Annal. Bd. 50, S. 250. 1840.

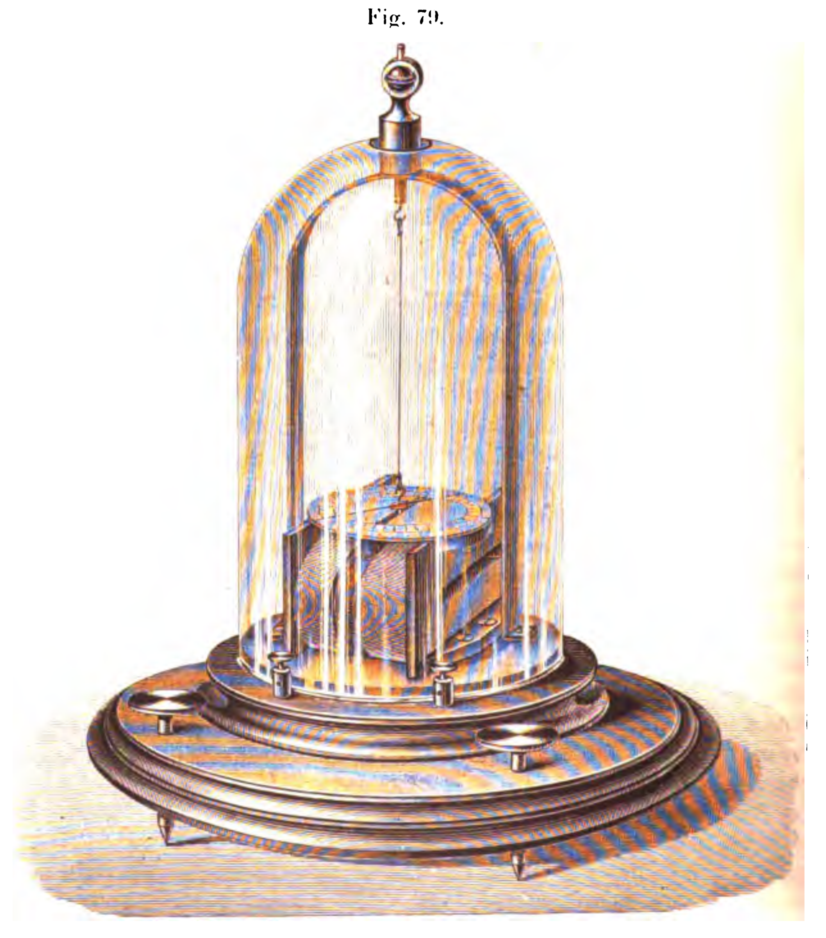
[2]) Körner. Beiträge zur Temperatur-Topographie des Säugethierkörpers, S. 7. 1871.

Gummiröhren geborgene Leitungsdrähte zu einem Schliessungsapparat, der ebenfalls unter einem Kasten stehend die Enden des Galvanometers aufnimmt und mittelst einer Schnur aus der Entfernung geschlossen und geöffnet werden kann.

Die elektromotorische Kraft, welche bei der ungleichen Erwärmung der Löthstellen entsteht, kann durch verschiedene Instrumente ermittelt werden.

a. Mittelst des Multiplicators von Nobili[1]. Es ist dies ein

Fig. 79.



Instrument, das fast gleichzeitig von Schweigger[2] und Poggen-

[1]) Nobili. Sur un nouveau galvanomètre, Bibliotheque universelle Bd. 29 p. 119. 1825.

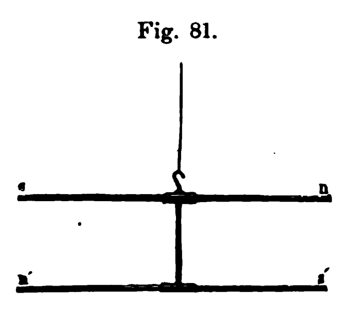
[2]) Schweigger. Zusätze zu Oersted's elektromagnetischen Versuchen Jahrb. d. Chem. u. Pharm. Bd. I, S. 12. 1821.

dorff[1]) angegeben, von Nobili aber durch Anwendung der Ampère'schen astatischen Doppelnadel[2]) wesentlich verbessert wurde. Wie sich auch aus der Fig. 79 $^{1}/_{2}$ nat. Gr. ergiebt, sind um ein Holzrähmchen, dessen Einrichtung Figur 80 in nat. Gr. noch besonders zeigt, übersponnene Kupferdrähte gewickelt. Das Holzrähmchen besteht aus drei verticalen Brettchen, von denen das mittlere mit einem Spalt *b* versehen ist. Die Brettchen sind mit einander durch die Querleistchen *aa* verbunden. Die Querleistchen *aa* sind in der Mitte gleichfalls mit einem Spalt versehen und inwendig hohl. In diese Höhlung wird die eine Nadel des astatischen Nadelpaares hinabgesenkt. Das astatische Nadelpaar, Fig. 81 in nat. Gr., besteht aus zwei Magnetnadeln, welche in ihrer Mitte durch ein kleines Schildkrötstäbchen so verbunden sind, dass wenn die untere Nadel in der horizontalen Spalte sich befindet, die obere Nadel über den Windungen liegt. Die beiden Nadeln sind gleich stark magnetisirt und so verbunden, dass sich Südpol und Nordpol der Nadeln decken. Das astatische Nadelpaar hängt an einem Coconfaden, der mittelst eines Häkchens an einer Vorrichtung befestigt ist, die durch eine Schraube eine Hebung oder Senkung des Nadelpaares zu bewirken vermag. Die Drähte, die um das Rähmchen in circa 80 Windungen gelegt sind, haben eine Dicke von 0·5 und 1 mm und eine Länge von circa 7 bis 8 m; sie stehen mit zwei Klemmschrauben in metallischer Berührung. Zwischen der oberen Nadel und den Windungen befindet sich ein getheilter Kreis, auf welchem man die Ablenkungen ablesen kann. Dieser getheilte Kreis ist aus starkem Kartenpapier gefertigt und besitzt in der Mitte einen der Spalte *b* entsprechenden Ausschnitt.

Fig. 80.



Fig. 81.



Um Luftströmungen abzuhalten ist über das Ganze eine Glasglocke gestürzt. Die beiden Klemmschrauben, in welche die Drahtwindungen

[1]) Poggendorff. Physisch-chemische Untersuchungen zur näheren Kenntniss des Magnetismus der voltaischen Säule. Oken's Isis. Jahrg. 1821. Bd. II, 690.

[2]) Suite de la note sur un appareil à l'aide duquel on peut vérefier toutes les propriétés des conducteurs de l'électricité voltaique, decouvertes par M. Ampère. Annal. de chim. et de physique Bd. 18, p. 320. 1821.

enden, stehen ausserhalb der Glocke und dienen zur Befestigung der stromzuführenden Drähte. Die ganze Vorrichtung ruht auf einer Platte, die durch Stellschrauben horizontal gestellt werden kann.

Will man mit diesem Instrumente arbeiten, so stellt man zuerst den Apparat auf eine Console, um Erschütterungen zu vermeiden, dann stellt man mittelst der Stellschraube dasselbe wagrecht, bewirkt durch Drehen an der Schraube, an welcher der Coconfaden hängt, dass die Magnetnadeln frei schweben und dreht die Platte des Apparates so lange bis die obere Nadel auf 0 und 180° zeigt.

Um den Thermomultiplicator als Messapparat benutzen zu können, muss man denselben von Zeit zu Zeit graduiren. Zu dem Ende setzt man die Löthstellen der Thermosäule verschiedenen Temperaturen durch Einsenken in verschieden temperirte Flüssigkeiten aus, in die zu gleicher Zeit möglichst nahe an die Löthstellen feine Thermometer gebracht sind und rührt dabei fortwährend um. Werden nun die Thermometerstände abgelesen und zu gleicher Zeit der Grad der Ablenkung der Magnetnadel, so erhält man ein Maass für die Temperaturdifferenz, welche 1 Grad der Kreistheilung entspricht. Ist z. B. die Temperaturdifferenz der beiden Flüssigkeiten mit feinen Thermometern gemessen 1° C. und der Ausschlag der Magnetnadel = 10°, so ist 1° der Kreistheilung = 0·1° C. Auf diese Weise muss der Multiplicator graduirt werden.

Als Beispiel führen wir die empirische Graduirung eines Thermomultiplicators mit 32 Windungen von **Ludwig**[1]) auf. Bei diesem Instrument entsprach

1° C.	der	Ablenkung	von	8°
2° C.	"	"	"	12°
3° C.	"	"	"	16°
4° C.	"	"	"	19°
5° C.	"	"	"	21°

b. Mittelst des Elektrogalvanometers von Meissner und Meyerstein[2]). Fig. 81, $^1/_5$ nat. Gr., stellt das ganze Instrument dar, Fig. 82, $^3/_{10}$ nat. Gr., und Fig. 83, $^1/_2$ nat. Gr., stellen einzelne Theile desselben dar.

Auf einer hölzernen Platte A, Fig. 82, sind zwei Messingstreifen eingelassen, die am Rande der Platte in Klemmschrauben k und k' zur Befestigung der Zuleitungsdrähte endigen, am anderen Ende aber in zwei vertical aufwärts gerichtete Messingvorsprünge auslaufen, von denen in der Figur nur einer, g, zu sehen ist. Auf diesen dreieckigen Ausschnitten ruht die Multiplicatorrolle, die mit dicken Dräthen umwickelt ist, durch

---

[1]) Ludwig und Spiess. Vergleichung der Wärme des Unterkieferdrüsenspeichels und des gleichseitigen Carotisblutes. Zeitschr. für ration. Med. III. R. Bd. II, S. 361. 1858.

[2]) Meissner und Meyerstein. Ueber ein neues Galvanometer, Elektrogalvanometer genannt. Ibid. III. R. Bd. 11, S. 193. 1861.

Fig. 82. Fig. 83.

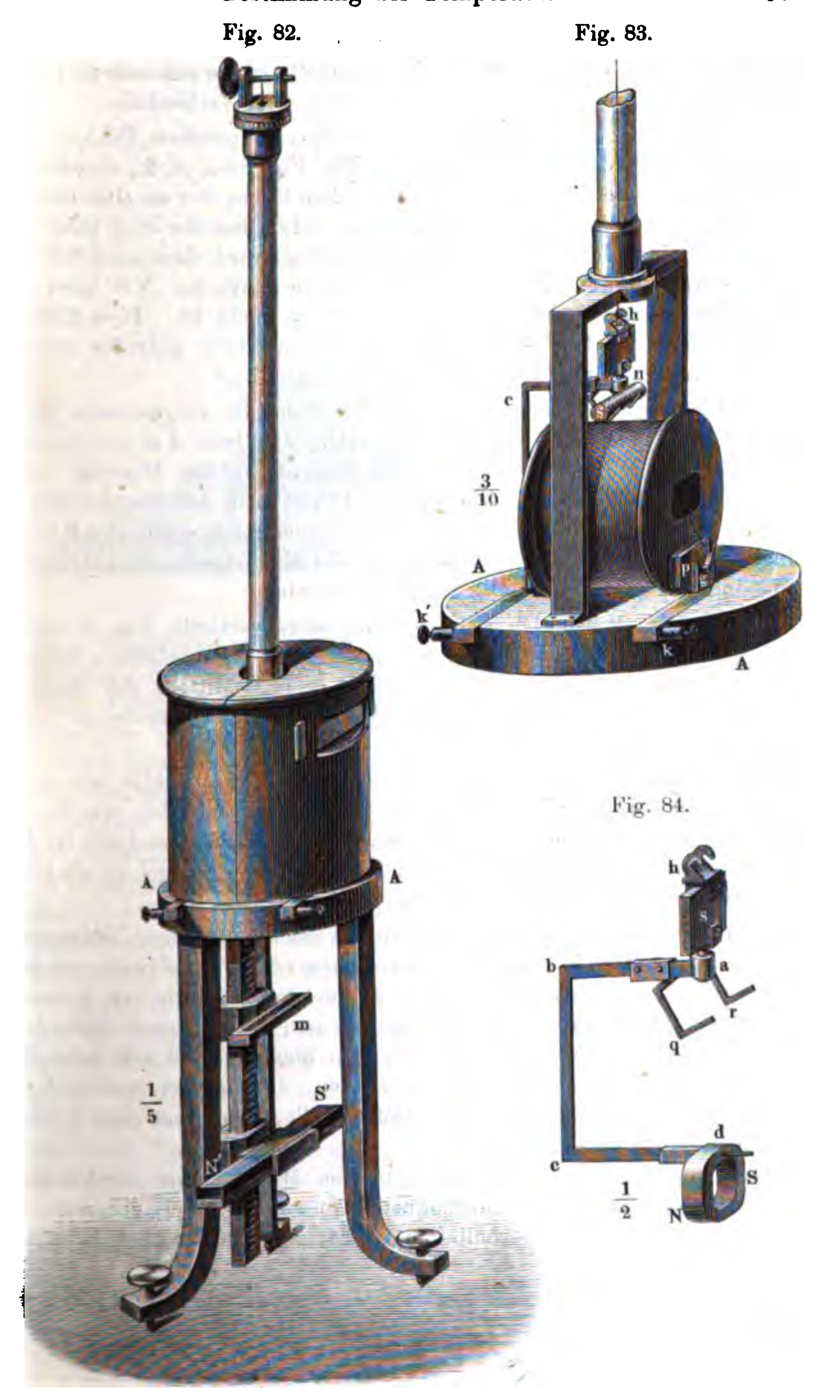


Fig. 84.

zwei Metallzapfen, die an einer Messingplatte *p* angelöthet sind. Die Drähte der Rolle stehen mit der Messingplatte *p*, die auf isolirter Unterlage an der Kupferhülse befestigt ist, in leitender Verbindung.

In diese Multiplicatorrolle, die mit einer elliptischen Höhlung versehen ist, wird der drehbare Magnet *NS*, Fig. 84 a. v. S., eingebracht. Dieser Magnet besteht aus einem elliptischen Ringe, der an einen leichten Messingbügel *dcba* angesteckt ist. Oben trägt derselbe eine Gabel *qr*, in welcher ein Magnetstäbchen *sn* so eingelegt wird, dass seine Pole die entgegengesetzte Richtung des ringförmigen Magnetes *NS* haben, so dass *NS* theilweise durch *sn* — astatisch gemacht ist. Diese Einrichtung ist erst in der letzteren Zeit von Meyerstein getroffen worden, an früher verfertigten Instrumenten fehlte dieselbe.

Da der schwingende Magnet in der Ruhe im magnetischen Meridian sich einstellen soll, so ist es nothwendig die Platte *A* so zu orientiren, dass die Verbindungslinie der beiden Zapfenlager den Meridian rechtwinklig schneidet. Zu diesem Zwecke bringt man auf die dreieckigen Messingausschnitte *g* den Träger einer auf einer Spitze spielenden Magnetnadel und dreht die Platte so lange bis die Magnetnadel verlängert die Messingausschnitte geradlinig verbinden würde.

An dem Messingbügel ist ein um seine verticale Axe drehbarer Spiegel *S* angebracht, so dass man seiner Ebene jede beliebige Stellung gegen den magnetischen Meridian geben kann. Mittelst der Haken *h* wird der Bügel an einem mit einem Messingstäbchen versehenen Coconfaden aufgehängt.

Um den Luftzug abzuhalten ist die Multiplicatorrolle mit einem Gehäuse von Holz versehen, das in der Mitte halbirt ist, wie Fig. 82 angiebt. Oben befindet sich an diesem Gehäuse ein kleines Loch für den Coconfaden, der in einer Glasröhre hängt; vor dem Spiegel ist ein Glasfenster, das parallel mit demselben eingestellt wird.

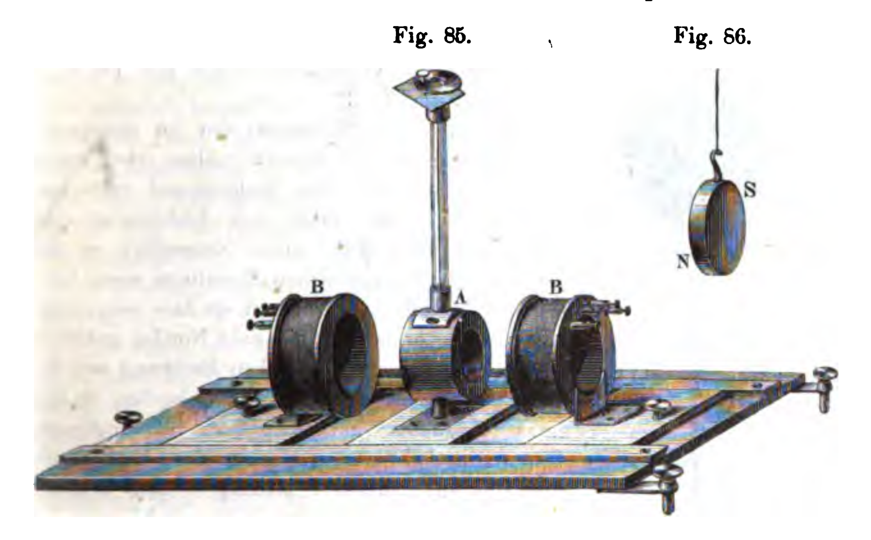
An der unteren Seite der von drei Füssen getragenen Holzscheibe *A* ist ein verticaler mit einer Scala versehener Stab angebracht, an dem sich in zwei Schiebern ein kleiner Magnetstab *m* sowie ein grösserer Magnetstab *N' S'* auf- und niederbewegen und an beliebiger Stelle festklemmen lassen. Die Pole dieser beiden Magnete sind mit denen des ringförmigen Magnetes *NS* gleichgerichtet. Je nachdem man nun die Magnete *m* und *N' S'* höher oder tiefer stellt, kann man den Einfluss derselben modificiren.

In den früheren Instrumenten, die von Meyerstein geliefert wurden, befanden sich diese Hülfsmagneten an einem Bügel, der sich von der Platte *A* erhob, oberhalb der Stelle, an der der Coconfaden befestigt war.

Die Beobachtung der Ablenkung des Spiegels bei durchgeleitetem Strom durch das Instrument geschieht durch ein Fernrohr, das etwa 3 m vor dem Spiegel *S* aufgestellt wird.

c. **Mittelst der Boussole von Wiedemann**[1]). Dieser Apparat, Fig 85, $^1/_4$ nat. Gr., besteht aus einer dicken Kupferhülse *A* von

Fig. 85. Fig. 86.



17 mm Wanddicke und 21 mm Länge, in welcher an einem Coconfaden ein dünner Stahlspiegel *SN* von 1 mm Dicke und 19 mm Durchmesser hängt. Der Stahlspiegel *NS*, Fig. 86, ist so magnetisirt, dass seine magnetische Axe mit dem horizontalen Durchmesser zusammenfällt. Wird statt des Magnetspiegels ein magnetischer Ring benutzt, so ist derselbe mit einem Glasspiegel verbunden, wie a. f. S. Fig. 87 nat. Gr. zeigt. *A* ist der Magnet, *B* ist die spiegelnde Fläche. In die Hülse können beiderseits geschliffene Glasplatten eingesetzt werden um den Luftzug vom Spiegel abzuhalten. Ferner ist ein Glasrohr auf die Hülse aufgesetzt, welches oben eine kupferne Fassung trägt. Auf dieser dreht sich ein Metallknöpfchen, um welches das Ende des den Spiegel tragenden Coconfadens geschlungen ist. Durch einen seitlichen Schlitz der Fassung ist eine Elfenbeinplatte geschoben, die mit einem Einschnitte versehen ist und zum Centriren des Spiegels in Hülse *A* dient. Die Kupferhülse *A* steht in der Mitte eines Schlittens, der durch drei Stellschrauben horizontal gestellt werden kann. Auf demselben können zwei Drahtspiralen *B*, die gerade auf die Hülse *A* hinaufpassen, hin- und hergeschoben werden. Jede Spirale besteht aus 5 bis 10 m langen, 1 mm dicken übersponnenen Kupferdrähten, deren Enden mit besonderen Klemmschrauben versehen sind, so dass die einzelnen Drähte auf mannigfaltige Weise mit einander verbunden werden können.

---

[1]) Wiedemann und Franz. Ueber die Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle. Poggend. Annal. Bd. 89, S. 504. 1853, und Wiedemann, Die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus Bd. II, S. 198. 1863.

Der Apparat wird so gestellt, dass die Axe der Spiralen und der Kupferhülse senkrecht gegen den magnetischen Meridian gerichtet ist. Die Ablenkung des Spiegels beim Hindurchleiten des Stromes durch die eine oder andere Spirale wird durch eine vorgestellte Scala mit Fernrohr abgelesen.

Fig. 87.



Je nach der Intensität der zu messenden Ströme kann man die Spirale näher oder weiter von der Hülse mit dem Stahlspiegel entfernen. Auch kann man, wenn das Instrument sehr empfindlich sein soll, unter demselben in der Richtung des magnetischen Meridians einen horizontalen Magnetstab hinlegen, so dass sein Nordpol nach Süden, sein Südpol nach Norden gerichtet ist, oder auch nur in derselben Richtung von der Seite her dem Nordpol des Spiegels den Südpol eines Magnetes nähern. Die Schwingungen des magnetischen Spiegels werden bei diesem Apparate so bedeutend gedämpft, dass derselbe schon 4 bis 6 Secunden nach dem Schliessen des ablenkenden Stromes in Ruhe kommt. Der Apparat ist daher ganz besonders geeignet zur Bestimmung der Intensität von Strömen, welche dieselbe schnell ändern.

Die Empfindlichkeit dieses Apparates steigerte Heidenhain [1]) durch Anbringung zweier Hülfsrollen, die an dem Kupfercylinder *A* durch eine Kupferröhre befestigt werden und durch Klemmschrauben mit den Rollen *B* in Verbindung gesetzt werden können. Werden die beiden Rollen *B* auf die Kupferhülse *A* geschoben, so füllen diese Hülfsrollen den sonst frei bleibenden Raum vollständig aus, da die Breite derselben so genommen ist, dass der vordere Rand derselben von der Mitte der Hülse *A* genau so weit absteht, als der vordere Rand der Rollen *B* von der hinteren.

Durch Anwendung dieser Hülfsrollen gelang es Heidenhain, die Empfindlichkeit seines Instrumentes derart zu steigern, dass eine Differenz von 0·000245 bis 0·000250° C. mit Sicherheit bestimmt werden konnte. Die Graduirung des Apparates findet in der nämlichen Weise statt, wie wir dies beim Thermomultiplicator von Nobili angegeben haben.

Wie oben erwähnt, kann man die Empfindlichkeit der Boussole bedeutend steigern, wenn man in deren Nähe einen Magneten, einen sogenannten Hauy'schen Stab bringt. Hauy [2]) war nämlich der Erste,

---

[1]) Heidenhain. Mechanische Leistung, Wärmeentwickelung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit S. 60. 1864.

[2]) Hauy. Sur la vertu magnetique considérée comme moyen de reconnoitre

der die Astasirung einer beweglichen Nadel durch einen festen Magneten kennen lehrte. Bei dem Wiedemann'schen Instrumente, das mit einem starken Dämpfer versehen ist, gelingt es nun ohne jede Schwierigkeit, durch fortgesetzte Annäherung des Hauy'schen Stabes den Magnetspiegel in denjenigen Zustand zu versetzen, den man mit dem Namen „aperiodisch" bezeichnet. Dieser aperiodische Zustand des Magnetes wurde von Du Bois [1]) des Näheren untersucht und dessen grosse Bedeutung bei Benutzung des Spiegelgalvanometers hervorgehoben. Lässt man einen derartigen Magneten aus einer beliebigen Ablenkung fallen, so stellt er sich schwingungslos auf den Nullpunkt ein. Dieses Verfahren leistet namentlich bei thermoelektrischen Versuchen ausgezeichnete Dienste, weil es mit Schnelligkeit die Ausschläge nach beiden Seiten hin abzulesen gestattet.

Vor mehr als 11 Jahren astasirte Heidenhain bei seinen Versuchen über die Wärmeentwickelung bei der Muskelthätigkeit den Magnetspiegel der Wiedemann'schen Boussole in der Weise, dass er auf der unteren Fläche des Consoles, auf dem das Instrument stand, ein verticales vierseitiges Holzprisma anbrachte, an welchem ein horizontales Brettchen verschoben und mit einer Schraube festgestellt werden konnte. Auf diesem Brettchen wurde der compensirende Magnetstab senkrecht unter dem Magnetspiegel in einer Messinghülse befestigt, an welchem, um eine bestimmte Azimuthstellung schnell wieder zu finden, ein Zeiger angebracht war, der auf einer Gradtheilung spielte. Dieses Verfahren ist viel einfacher, als wenn man die Vorrichtung, die den Hauy'schen Stab zu tragen hat, direct an die Boussole anschraubt; es ist kein Consol nöthig, das mit einem Ausschnitt versehen sein muss.

Du Bois [2]) bringt den Hauy'schen Stab in der Aufstellung an dem Instrumente an, wie a. f. S. Fig. 88, $^1/_4$ nat. Gr., angiebt. Der Stab NS hat eine Länge von 250 mm und eine Breite von 12·5 mm. Das eine Ende desselben ist mittelst der Schraube a in einer Gabel festgeklemmt, die sich um die Axe bS dreht; das andere Ende ruht zwischen einer Mikrometerschraube von 0·5 mm Gangweite, deren Kopf die Schnurscheibe c bildet, und einem federnden Knopfe, welcher der Schraube entgegenwirkt. Das Lager des Magnetes ist mit einer Hülse d längs einer kräftigen Messingschiene e, die in äquatorialer Richtung wagrecht vom Consol vor-

---

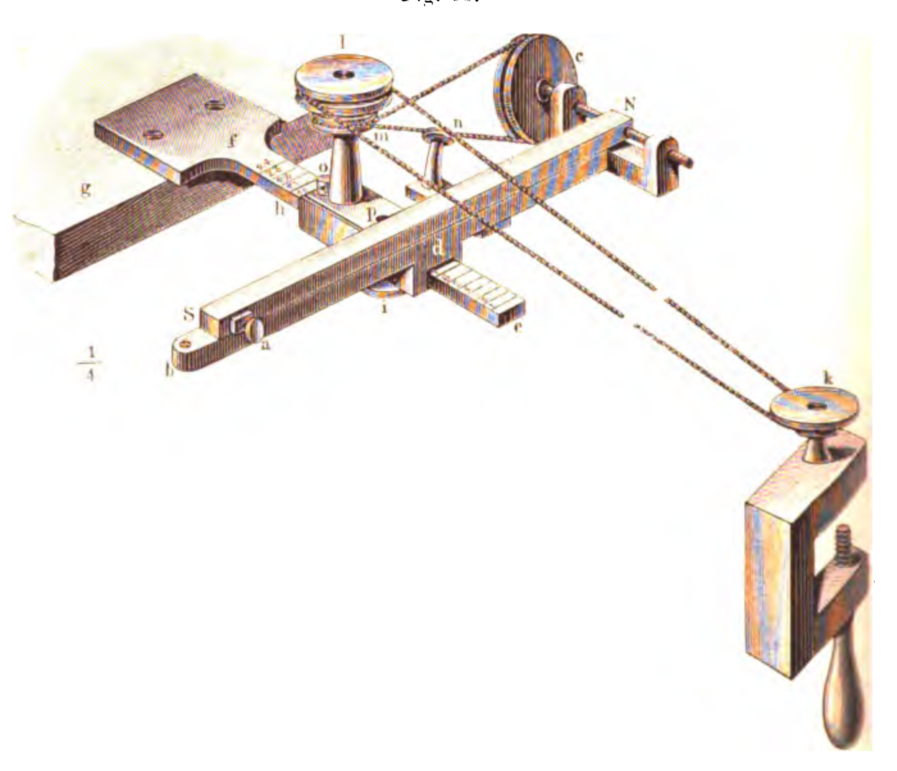
la présence du fer dans les mineraux. Mémoires du museum d'histoire naturelle Bd. 13, p. 172. 1817. Auch Gilbert's Annal. Bd. 63, S. 108. 1819. Hauy, Ueber die magnetische Kraft, als Mittel die Anwesenheit des Eisens in den Mineralien zu entdecken.

[1]) Du Bois Reymond. Die aperiodische Bewegung gedämpfter Magnete. Monatsber. der königl. Akad. der Wissensch. aus dem Jahre 1869, S. 807. 1870. Derselbe 2. Abhandlung. Ibid. aus dem Jahre 1870, S. 537. 1871. Derselbe 3. Abhandlung aus dem Jahre 1873. S. 78. 1874.

[2]) Du Bois-Reymond. Ibid. IV. Abhandlung aus dem Jahre 1874. S. 772. 1875.

springt, verschiebbar. Die Messingschiene *e*, deren obere Fläche in Centimeter getheilt ist, ist bei *f* auf das Consol *g* angeschraubt. An der Hülse

Fig. 88.



d befindet sich eine Millimetertheilung. Die Hülse selbst kann mittelst der unterhalb derselben angebrachten Schraube *i* festgestellt werden.

Um den Stab vom Platze des Beobachters aus im Azimuth drehen zu können, dienen die Schnurscheiben *k* und *l*. Die Schnurscheibe *k*, die auf einer Zwinge befestigt ist, wird an einer dem Beobachter bequemen Lage am Tischrande etc. festgeklemmt, die Schnurscheibe *l* ist auf der Hülse *d* befestigt. Bei der Entfernung der beiden Schnurscheiben von einander kommt es auf einen mässigen Höhenunterschied derselben nicht an. Unterhalb der Scheibe *l* ist eine kleinere Scheibe *m* angebracht, die durch einen Schnurlauf mit Scheibe *c* verbunden ist. Die Schnur läuft zum Theil dem Stabe parallel, indem sie eine Tangente zu beiden Scheiben bildet, zum Theil über eine Leitrolle *n*, deren Axe in einem Winkel von 45° geneigt ist. Diese erlaubt trotz der Kürze des Schnurlaufs die Scheiben ohne Schaden zu kreuzen. Löst man die Schraube *o*, so kann man die Träger der Scheiben *m* und *l* um eine senkrechte Axe

bei *p* drehen und so die Schnur der Scheiben *c* und *m* spannen. Um die Scheibe *k* feiner bewegen zu können, ist sie mit einer grösseren rānderirten Scheibe versehen. Wird letztere um ein Stück ihres Umfanges von 1 mm, entsprechend einem Winkel von etwas über 2°, gedreht, so beträgt die Verschiebung der Mikrometerschraube etwas über 0·00125 mm, entsprechend einer Winkelbewegung des Stabes um Axe *bS* von etwas über 1″.

VII. Die Bestimmung von Zeitintervallen.

Kommt es bei physiologischen Versuchen darauf an, Zeitintervalle zu bestimmen, so besteht die Aufgabe entweder darin, Anfang und Ende einer Beobachtung genau zu verzeichnen, oder länger dauernde Beobachtungen mit fortlaufenden Zeitangaben zu versehen. Zu dem Ende verwerthet man in der Physiologie Vorrichtungen und Instrumente, die ursprünglich zu den verschiedensten Zwecken in Wissenschaft, Kunst und Tecknik ersonnen und construirt wurden.

In diesem Capitel sollen jedoch nur die Vorrichtungen beschrieben werden, die von allgemeinerer Anwendung sind; diejenigen Apparate und Versuchsweisen dagegen, die bei ganz bestimmten speciellen Zwecken gebraucht werden, sollen hier nicht abgehandelt werden.

1. Die Sanduhr von Tiffereau [1]).

Dieses Instrument besteht aus zwei cylindrischen Glasröhren, die mit einander durch ein kleines Loch verbunden, zur Hälfte mit feinem Sande gefüllt und ähnlich wie bei einem Thermometer mit einer Scala versehen sind. An dem im Gange befindlichen Instrumente kann man so jeden Augenblick erkennen, wie viel Sand beiläufig ausgelaufen und folglich wie viel Zeit seit dem Umkehren der Uhr verstrichen ist. Wie man sieht, ist dieses Instrument nur bei solchen Operationen zu gebrauchen, wo man kleine Zeitabschnitte zu berücksichtigen hat, ohne auf eine zu grosse Genauigkeit angewiesen zu sein; das Instrument wird wohl selten mehr benützt, im Anfang der fünfziger Jahre aber wurde es bei Bestimmung der Schlagzahl des Herzens, der Anzahl der Athemzüge, bei chemischen Untersuchungen etc. von französischen Forschern vielfach in Anwendung gezogen.

---

[1]) Compt. rend. Bd. 31, S. 62. 1850. Tiffereau's Sanduhr. Dingler's polyt. Journ. Bd. 118, S. 155. 1850.

2. Der Weber'sche Tactmesser[1]).

Der Weber'sche Tactmesser besteht aus einem mit einem Maassstab versehenen Bande mit daran befestigter Bleikugel. Das Band wird bei einer bestimmten Länge in die Klemme eines Stativs wie Fig. 89, $^{1}/_{10}$ nat. Gr., angiebt, eingeklemmt und durch Anstossen der Kugel in Schwingungen versetzt. Wird das Band 1 m lang gelassen, und versetzt man es in leichte Schwingungen, so schwingt es in der Minute 63 mal, bei $^{1}/_{2}$ Meter Länge schwingt es 84 mal etc. Nachstehende Tabelle enthält die Anzahl der Schwingungen, welche der Weber'sche Tactmesser bei verschiedener Bandlänge in einer Minute macht.

Fig. 89.

Anzahl der Schwingungen	Länge des Bandes in Millimetern
50	1492
52	1322
54	1225
56	1139
58	1062
60	992
63	900
66	820
69	750
72	689
76	618
80	558
84	506
88	461
92	422
96	387
100	357
104	330
108	306
112	284
116	265
120	248
126	225

[1]) Weber. Noch einmal ein Wort über den musikalischen Chronometer oder Tactmesser Allgemeine musik. Ztg. XV. Jahrg. S. 445. 1813.
Derselbe. Versuch einer geordneten Theorie der Tonsetzkunst Bd. I, S. 90. 1830 bis 1832.

Anzahl der Schwingungen	Länge des Bandes in Millimetern
132	205
138	187
144	172
152	154
160	139

Zum Weber'schen Tactmesser greift man nur mehr im Nothfalle, da er durch nachfolgendes Instrument verdrängt wurde.

3. Das Metronom von Mälzel [1]).

Dieses Instrument, von dem Mechaniker Mälzel in Wien construirt, besteht in seiner ursprünglichen Gestalt, Fig. 90, $^1/_2$ nat. Gr., aus einer

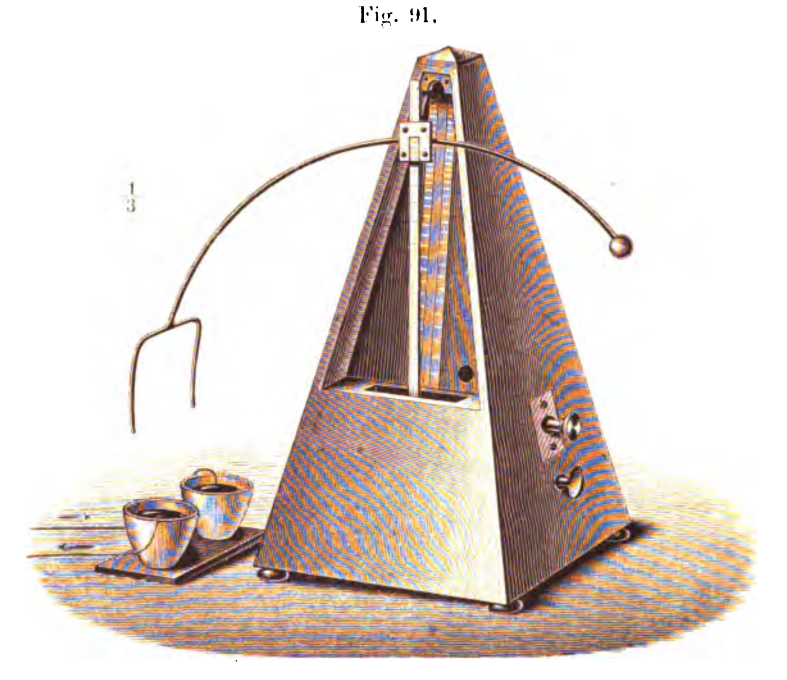
Fig. 90.



[1]) Beschreibung des Mälzel'schen Metronoms nach einer Erklärung von

Pendelstange *A* von etwa 220 mm Länge, die um eine drehbare Axe *B* schwingt. An dem Stabe *A* ist ein verschiebbares Laufgewicht *C* angebracht, das die Schwingungen des Stabes um so mehr verlangsamt, je weiter es nach oben gerückt wird. Die der jedesmaligen Stellung des Laufgewichtes zugehörige Schwingungszahl in einer Minute ist auf der Pendelstange verzeichnet. Steht das Laufgewicht bei der Zahl 60, so

Fig. 91.



macht die Pendelstange in einer Minute 60 Schwingungen, bei 120 macht die Pendelstange 120 Schwingungen etc.

Bei den vollkommneren Mälzel'schen Metronomen ist ein Uhrwerk mit Hemmung angebracht, so dass die Schwingungen der Pendelstange durch Anschlag auf einen hölzernen Ambos oder ein Glöckchen auch für das Gehör bezeichnet werden. Diese Instrumente haben dann beistehende Gestalt, Fig. 91, $^1/_3$ nat. Gr. Das Uhrwerk befindet sich in einem pyramidenförmigen Gehäuse. Die Scala ist auf der Vorderseite der Pyramide zu beiden Seiten der Pendelstange vertheilt. Die Stelle zum Fixiren des Laufgewichtes ist mit Strichen auf der Pendelstange verzeichnet.

Man wendet die Metronome häufig in der Physiologie an, um die

Salieri, Beethoven, Weigel etc. Allgemeine musik. Ztg. XV. Jahrgang S. 785. 1813.

Anzahl der Athemzüge bei künstlichen Respirationen zu reguliren, oder durch Aufsetzen einer metallischen Gabel auf die Pendelstange einen elektrischen Strom in bestimmten Intervallen zu öffnen oder zu schliessen, wie Fig. 91, 1/3 nat. Gr., erläutert. Es wird dies dadurch erreicht, dass die verquickten Spitzen der Gabel bei der Ablenkung des Pendels in zwei Quecksilbernäpfchen tauchen, die durch Drähte mit einer galvanischen Kette in Verbindung stehen. Die Kette wird damit geschlossen. Wird in den Kreis die primäre Rolle eines Inductionsapparates eingeschaltet, so spielt so lange die Feder des Apparates als die Spitzen der Gabel in den Quecksilbernäpfchen weilen. Als Gegengewicht der Gabel ist an der anderen Seite des Pendels ein Metallknopf angebracht.

Du Bois-Reymond[1]) wandte das Mälzel'sche Metronom zuerst zum Oeffnen und Schliessen einer galvanischen Kette bei seinen Versuchen über die saure Reaction des Muskelfleisches an. Bei diesen Versuchen war jedoch die Einrichtung so getroffen, dass das Pendel selbst mit der primären Rolle eines Schlittenmagnetelektrometers in Verbindung stand, und jederseits an dem Pendel angebrachte verquickte Spitzen in Quecksilbernäpfchen tauchten, sobald das Pendel seine grösste Ablenkung erreichte. Bei obiger von Heidenhain[2]) angegebenen Einrichtung durchsetzt der elektrische Strom nicht das Räderwerk des Metronoms.

4. Der Chronograph von Rieussec.

Die Idee, die diesem Apparate[3]) zu Grunde liegt, besteht darin, dass auf einer Oberfläche ein Merkzeichen genau in dem Augenblicke gemacht wird, welchen der Beobachter für passend hält. Dieses Merkzeichen ist bei dem Apparate von Rieussec ein kleiner Tintenfleck auf dem Zifferblatt einer Secundenuhr.

Den Apparat stellt a. f. S. Fig. 92 von oben gesehen dar. Er besteht aus einer Cylinderuhr, die einen Secundenzeiger gleichförmig, jedoch etwas ruckweise, je nach der Anzahl der Unruhschwingungen im Kreise bewegt. Dieser Zeiger ist doppelt und besteht aus zwei über einander liegenden Theilen *a* und *b*, wie Fig. 93, nat. Gr., im Grund- und Aufriss zeigt. Der untere Zeiger *b* ist an dem Ende *c* mit einem kleinen Recipienten versehen, dessen Boden fein durchbohrt ist, und der als Tintenfass dient; die Tinte wird darin ungeachtet der kleinen Oeff-

---

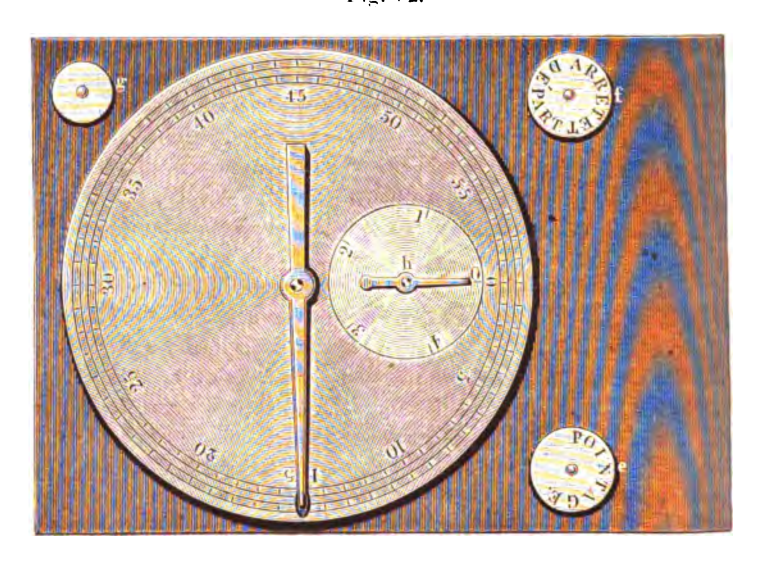
[1]) Du Bois-Reymond. Ueber die angeblich saure Reaction des Muskelfleisches. Monatsber. der königl. preuss. Akad. der Wissenschaft aus dem Jahre 1859. S. 315. 1860.

[2]) Heidenhain. Mechanische Leistung, Wärmeentwickelung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. S. 70. 1864.

[3]) Bericht des Herrn Seguir über den Chronograph von Rieussec. Dingler's polyt. Journ. Bd. 97, S. 179. 1845.

nung im Boden durch Molecularattraction festgehalten. Der obere Zeiger *a* ist mit einer gekrümmten Spitze versehen, welche in das Tinten-

Fig. 92.



gefäss *c* taucht; in seiner Mitte ist ein kleines Röhrchen *d* befestigt, welches durch den unteren Zeiger *b* frei hindurchgeht und an seinem unteren Ende im Inneren des Gehäuses eine kleine Scheibe trägt. Wird auf diese Scheibe ein Druck ausgeübt, so macht das Röhrchen *d* eine Bewegung nach unten und die Spitze des Zeigers *a* tritt durch die Oeffnung des Bodens des Näpfchens *c*. Diese Bewegung der Scheibe nach unten wird durch eine Feder bewirkt, die mittelst eines besonderen Mechanismus durch Druck auf den Drücker *e* gespannt und zum Abschnappen gebracht wird. Beim Abschnappen drückt die Feder die Scheibe am Röhrchen *d* und mit ihr den Zeiger *a* nach unten und die Punktirung erfolgt. Der Zeiger bleibt dabei im Gange.

Fig. 93.

Das Spannen der Feder kann schnell oder langsam geschehen, ohne dass es auf den Zeiger Einfluss hätte, weil die Feder erst im Moment des Abschnappens auf den Zeiger *a* wirkt.

Um das Uhrwerk zu hemmen oder es wieder in Gang zu bringen, drückt man auf den Knopf *f*. Ist die Uhr im Gange und drückt man einmal auf den Knopf, so wird dadurch die Unruhe vermittelst einer Feder gehemmt, und das Uhrwerk bleibt stehen. Drückt man von neuem auf den Knopf, so entfernt sich dadurch die Feder von der Unruhe wieder

und macht dieselbe frei. *h* ist ein kleiner Zeiger, welcher in 5 Minuten eine Umdrehung auf einem Zifferblatte macht, das in fünf Theile getheilt ist.

Beim Beginne einer Beobachtung bringt man die Zeiger auf Null des Zifferblattes; dann drückt man auf den Knopf *f* und sie fangen an sich zu bewegen. Um den Anfang der Beobachtung genau zu markiren, drückt man jetzt auf den Knopf *e* und augenblicklich tritt die krumme Spitze des Zeigers *a* durch das Näpfchen und macht einen Punkt auf das Zifferblatt; ebenso markirt man das Ende der Beobachtung.

Die Tinte, welche in das Näpfchen *c* des Zeigers *b* kommen soll, befindet sich seitwärts der Uhr in einem Gefässe, in welches die Spitze des Knopfes *g* taucht. Zieht man diesen Knopf aus dem Gefässe, so bleibt an seiner Spitze ein Tröpfchen Tinte hängen, das man dann in das Zeigernäpfchen bringt.

Neben diesem eben beschriebenen Chronographen giebt es auch noch Taschenchronographen, die die Form einer gewöhnlichen Taschenuhr besitzen.

5. Der Young'sche Cylinder.

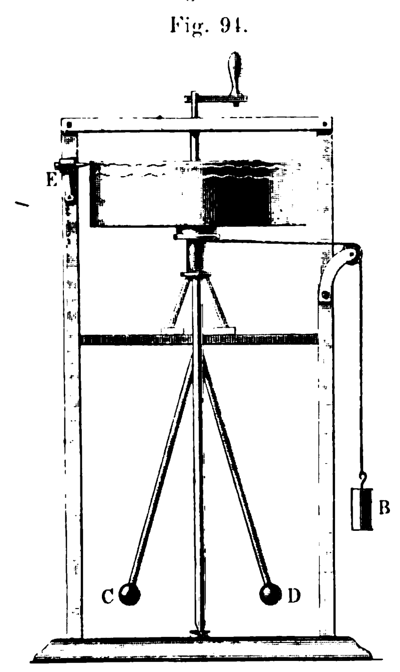
Der Young'sche Cylinder, eine rotirende Trommel, bildet den Hauptbestandtheil der meisten Chronographen. Derselbe ist ein messingener Cylinder, verschieden in Höhe und Umfang, der entweder direct berusst oder mit weissem oder berusstem Papier überzogen wird. Der Cylinder wird durch ein Uhrwerk oder eine andere Vorrichtung in Bewegung gesetzt. Ein Stift, der ohne selbst seine Lage zu ändern der Trommel entgegengedrückt wird, zeichnet bei einer einfachen Umdrehung derselben eine in sich zurücklaufende gleichmässige Linie; gleitet die Trommel bei der Bewegung nach abwärts, so zeichnet er natürlich eine Spirale. Wird der Stift durch die Hand oder einen anderen beliebigen Gegenstand verschoben, so markirt sich dies sofort an der gezeichneten Linie. Wir nennen den rotirenden Cylinder Young'schen Cylinder, weil er den wesentlichsten Bestandtheil eines von Young[1]) construirten Apparates darstellt, durch welchen Zeitunterschiede in Raumunterschiede verkehrt werden. Der Apparat diente zum Messen des zeitlichen Verlaufs von Tonschwingungen.

Fig. 94 $^1/_{10}$ nat. Gr. a. f. S. stellt den Young'schen Apparat dar. Eine Trommel *A* wird durch ein nach unten gleitendes Gewicht *B* in schnell rotirende Bewegung versetzt, welche durch ein Centrifugalpendel *D*, das sich an derselben Axe befindet, nahezu constant erhalten wird. Die Trommel war mit Papier oder Wachs überzogen. Das Markiren der Beobachtung geschah durch Verschieben des Stiftes *E*.

[1]) Thomas Young. A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts. 1807. Vol. I, p. 190 u. 772.

Macht z. B. ein derartiger Cylinder von 300 mm Umfang in 1 Secunde 1 Drehung, so werden zwei um 1 mm von einander abstehende Punkte in 1/300 Secunde bei dem Stifte vorbeigehen. Durch Vergrösserung des Cylinders und Vermehrung der Umdrehungsgeschwindigkeit hat man so ein fast unbegrenztes Mittel der feinen Zeiteintheilung. Von der grössten Bedeutung ist, auf der rotirenden Fläche Anfang und Ende der Bewegung, deren Dauer man messen will, richtig und schnell zu markiren.

Fig. 94.



Der Young'sche Cylinder findet bei einer Reihe von Registrirapparaten Anwendung, z. B. dem Ludwig'schen Kymographion. Bei diesem Instrumente, das wir später beschreiben werden, geschieht die Umdrehung des Cylinders durch ein Uhrwerk [1]). Ludwig und Thiry [2] benutzten z. B. bei ihren Untersuchungen über den Einfluss des Halsmarkes auf den Blutstrom eine Trommel, deren Umfang 418 mm war und deren Umgangszeit 49·5 Secunden betrug. Es kam somit auf 1 Secunde 8·5 mm Länge, und 1 mm Weg etwa 0·11 Secunden.

6. Der elektromagnetische Zeitmerker.

Der elektromagnetische Zeitmerker dient zur Angabe von Zeitintervallen an Registrirapparaten. Durch denselben werden die an der rotirenden Fläche des Registrirapparates graphisch dargestellten Erscheinungen mit fortlaufenden Zeitangaben versehen, die Secunden oder Bruchtheilen von Secunden entsprechen. Dieser Zweck wird dadurch erreicht, dass im Tacte eines Metronoms oder durch das Pendel einer Uhr eine Kette geöffnet oder geschlossen wird, in deren Schliessung

[1]) Ludwig. Beiträge zur Kenntniss des Einflusses der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme. Müller's Archiv 1847, S. 263.

[2]) Ludwig und Thiry. Ueber den Einfluss des Halsmarkes auf den Blutstrom. Sitzungsber. der mathemat. naturw. Classe der kaiserl. Akad. d. Wissensch. Bd. 49, II. Abtheilung, S. 431. 1864.

bogen ein Elektromagnet mit Schreibvorrichtung eingeschaltet ist. Der Elektromagnet besteht aus einem mit Drahtwindungen umgebenen Hufeisen, das bei Schliessung des Stromes magnetisch wird und einen eisernen Anker anzieht, welcher mit einer Schreibvorrichtung versehen ist, die sich nach der Art der rotirenden Fläche richtet, und auf demselben Punkte oder Striche verzeichnet. Das Princip der elektromagnetischen Zeitmerker hat der nordamerikanische Physiker Dr. J. Locke[1]) in Cincinnati angegeben.

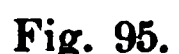
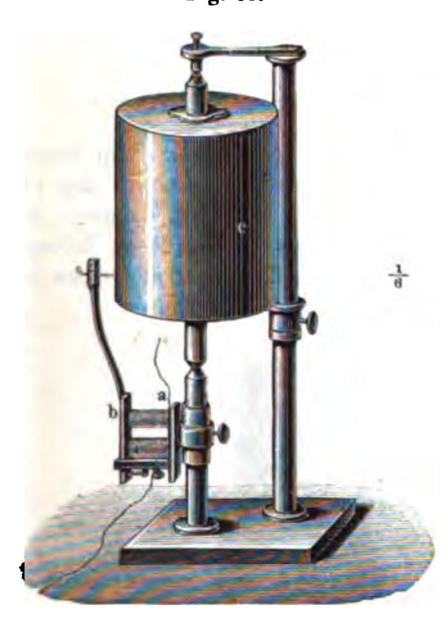


Fig. 95.



Durch die Zeitmerker können Zeitangaben auf doppelte Weise markirt werden, nämlich durch Herstellung und Unterbrechung der Leitung einer galvanischen Kette. Im ersten Falle zieht der Elektromagnet den Anker an, im zweiten Falle lässt er den Anker los.

Der Zeitmerker wird entweder senkrecht oder parallel zu der rotirenden Fläche des Registrirapparates angebracht. Steht derselbe senkrecht zu der rotirenden Fläche wie in Fig. 95, $^1/_6$ nat. Gr., in der *a* den Elektromagnet, *b* den Anker mit Stift, *c* eine Trommel darstellt, von der durch eine besondere Vorrichtung endloses Papier abgewickelt wird, so werden bei Schliessung des Stromes durch den Schreibstift nur Punkte auf der rotirenden Fläche angegeben. Wird dagegen der Zeitmerker parallel zur Axe der rotirenden Fläche angebracht, so dass er derselben beständig anliegt und sich nur auf- oder abwärts verschiebt, so entstehen beim Oeffnen und Schliessen der Kette Linien, deren Gestalt sich darnach richtet, ob der Strom längere oder kürzere Zeit geschlossen war. Wird der Strom nur kurze Zeit geschlossen, so entstehen Linien wie in

---

[1]) Application of the galvanic circuit to an astronomical clock and telegraph register in determining local differences of longitudine, and in astronomical observations generally, in a communication by Walker. The Americ. journ. of science and arts. Ser. II. Vol. VII, p. 206. 1849.

On the Electrochronograph; by the inventor John Locke. Ibid. Ser. II, Vol. VIII, p. 231. 1849.

Fig. 96, ist der Strom verhältnissmässig längere Zeit geschlossen und nur kurz geöffnet, so entstehen Linien von der Form der Fig. 97.

Fig. 96.

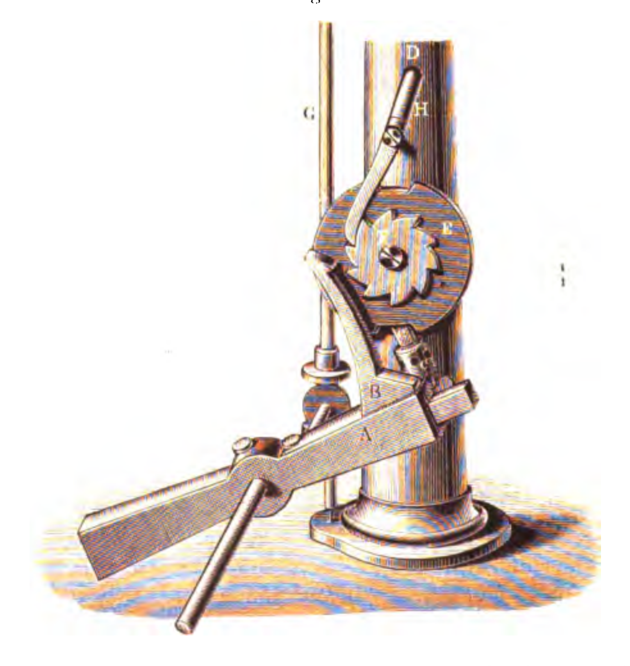


Da nun das Abzählen der Zeitangaben ziemlich mühselig ist, so kam Bowditch [1]) auf den glücklichen Gedanken, die Arbeit des Abzäh-

Fig. 97.

lens sich dadurch abzukürzen, dass er den Zeitmerker mit einer Einrichtung versah, durch welche jeder fünfte Strich sich vor den übrigen durch seine Länge auszeichnete. Es gelang ihm dies dadurch, dass er einerseits auf dem eisernen Anker *A* des gewöhnlichen Zeitmerkers, Fig. 98, $^1/_1$ nat. Gr., einen beweglichen Haken *B* und einen kleinen

Fig. 98.



Zapfen *C* anbrachte, andererseits auf der Säule *D* eine Scheibe *E* mit einem Zahnrade *F* befestigte. Sobald der galvanische Strom den Elektromagneten umkreist, wird der Anker *A* angezogen und damit der Haken *B*

[1]) Bowditch. Ueber die Interferenz des retardirenden und beschleunigenden Herznerven. Berichte über die Verhandlungen der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig Bd. XXV. S. 198. 1873.

welcher in das Zahnrad *F* eingreift und es dadurch weiter schiebt. Beim Aufgang des Armes *A* stemmt sich der Zapfen *C* gegen den Rand der Scheibe *E*. Da das Zahnrad-*F* zehnmal eingeschnitten ist, so rückt es bei jeder Schliessung des Stromes und mit ihm die Scheibe *E* um $^1/_{10}$

Fig. 99.



seines Umfangs weiter, und da der Rand der Scheibe *E* dem fünften und dem zehnten Zahne gegenüber einen Ausschnitt besitzt, so gestattet der Zapfen *C* für je eine volle Umdrehung der Scheibe dem Arm *A* 2 mal eine grössere Ausweichung. Dadurch wird der Stab *G*, der an den Anker *A* seitlich drehbar befestigt und durch eine Führung in der Säule *D* senkrecht verschiebbar ist, höher als sonst gehoben und der Strich auf der rotirenden Trommel wird länger. Um eine Rückwärts-

bewegung der Scheibe zu verhüten, ist bei *H* ein Sperrhaken angebracht. Das ganze Instrument zeigt Fig. 99, 1/4 nat. Gr.

Das Oeffnen und Schliessen der Kette geschieht entweder durch ein Metronom oder durch ein Pendel. Die Vorrichtungen, die bei letzterem Verfahren gebraucht werden können, sind meistentheils von Astronomen ersonnen worden und werden bei ihren Registrirapparaten angewandt. Wir berichten anbei von den hauptsächlichsten.

a. Die Stromunterbrechung nach Lamont[1]. Bei diesem Verfahren wird ein gebogenes Stückchen Kupferdraht in ein Glasröhrchen

Fig. 102.

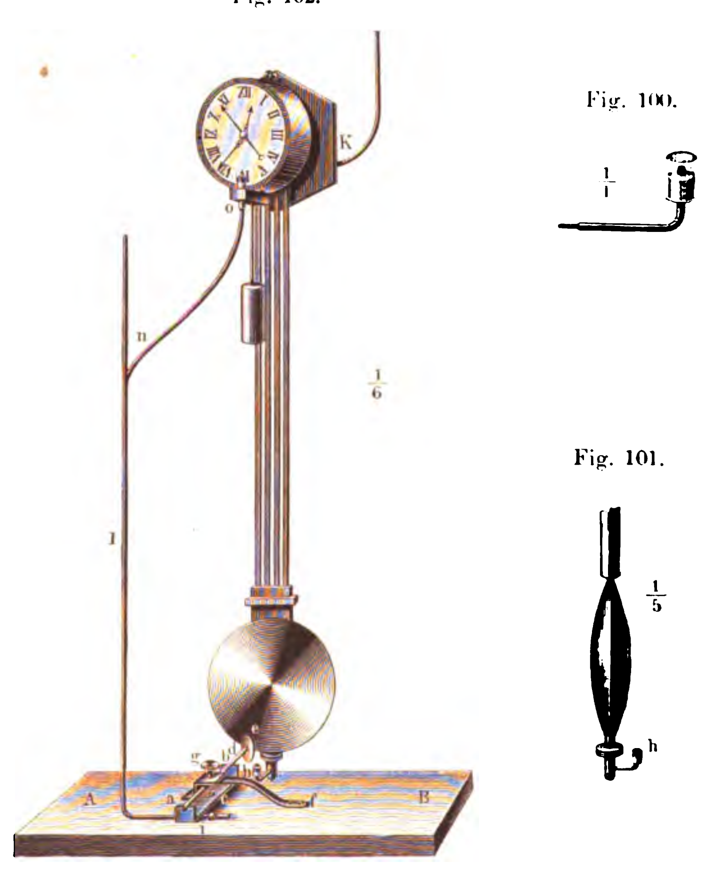


Fig. 100.

1/1

Fig. 101.

1/5

h

[1]) Lamont. Beschreibung der an der Münchener Sternwarte zu den Beobachtungen verwendeten neuen Instrumente und Apparate S. 37. 1851, und Abhandlungen der mathemat. physik. Classe der königl. bayer. Akad. d. Wissensch. Bd. VI, S. 417. 1852.

mit Siegellack eingekittet, Fig. 100, nat. Gr. Hierauf wird der Kupferdraht an dem Pendel einer Uhr, Fig. 101, $^1/_5$ nat. Gr., befestigt, und in das Glasrohr soviel Quecksilber gebracht, dass dasselbe eine gewölbte Oberfläche bildet. Vor dem Pendel, Fig. 102, $^1/_6$ nat. Gr., befindet sich das Brettchen *AB*, auf dem ein Lager von Messing *ab* durch eine Schraube *c* angeschraubt ist. Auf dem Lager liegt die Axe *d*, die vorn mit einer kleinen Scheibe *e* von Kupfer, Messing, Silber oder Platin versehen ist. Die Scheibe wird unter gewöhnlichen Umständen durch eine an der unteren Seite der Axe *d* wirkende Feder *f* nach oben gedrückt, kann jedoch durch die Schraube *g* nach abwärts bewegt werden, so dass bei jedem Durchgange des Pendels durch die Verticale sicher und momentan eine Verbindung mit der spiegelnden Quecksilberoberfläche in dem Quecksilbergefäss *h* hergestellt wird.

Das eine Ende des vom Elektromagneten ausgehenden Drahtes ist bei *i* angeschraubt, das andere ist bei *K* an dem messingenen Gestelle der Uhr festgemacht. Das galvanische Element, ein Kupferzinkelement von ungefähr $^1/_3$ Quadratfuss Oberfläche, ist zwischen *i* und dem Elektromagneten eingeschaltet. So oft nun das Pendel die Verticale passirt, berührt die gewölbte Quecksilberoberfläche *h* die Scheibe *e*, der Strom geht an dem Pendel hinauf und durch die Uhr zum anderen Ende des Drahtes bei *K*. Auf diese Weise wird eine leitende Verbindung hergestellt und der Elektromagnet zieht den Anker an.

Wendet man Scheibchen von Messing, Kupfer oder Silber an, so müssen dieselben amalgamirt und mit einem Lappen oder gegen Holz abgerieben werden; es geht dann der Strom bei Berührung des Quecksilbers leicht durch, ohne dass sich, was sonst der Fall sein würde, das Quecksilber anhängt. Von Zeit zu Zeit muss die Oberfläche des Quecksilbers gereinigt werden, da die Leitung nur bei blanker Oberfläche statt hat. Man kann allerdings bewirken, dass der Strom auch bei unreiner Oberfläche sicher durchgeht, wenn man die Scheibe tiefer in das Quecksilber eindringen lässt, allein dadurch wird der Ausschlag des Pendels beträchtlich vermindert und der Gang der Uhr gestört.

Um mit diesem Apparate Minutenstriche hervorzubringen, dient eine Drahtverbindung von *l* nach *n*, wo sich wieder eine Quecksilberoberfläche bei 0 befindet. Wenn der Secundenzeiger auf die 60ste Secunde kommt, so berührt das untere Ende desselben die Quecksilberfläche, der Strom geht durch den Secundenzeiger und das Uhrgestell, und der Anker des Elektromagnetes wird so lange festgehalten als der Secundenzeiger in das Quecksilber eintaucht, d. i. etwa die Hälfte einer Secunde.

Wenn man den Registrirungsapparat in Gang setzt, so beginnt eine allmälige Abnahme des Schwingungsbogens; der Schwingungsbogen wird erst constant, wenn er ungefähr um $^1/_{25}$ abgenommen hat.

b. Die Stromunterbrechung nach Hansen [1]. Bei dieser Ein-

[1] Hansen. Ueber die Einrichtung der neuen herzoglichen Sternwarte zu

richtung wird die galvanische Kette, in welcher der Elektromagnet eingeschaltet ist, in ähnlicher Weise geschlossen.

Ungefähr auf der Mitte des Pendels ist eine halbe kreisförmige Scheibe von dünnem Platinblech von ungefähr 3''' Durchmesser befestigt, die jedesmal, wenn das Pendel durch die Verticale geht, in ein Quecksilbertröpfchen taucht und dadurch das Schliessen der Kette bewirkt.

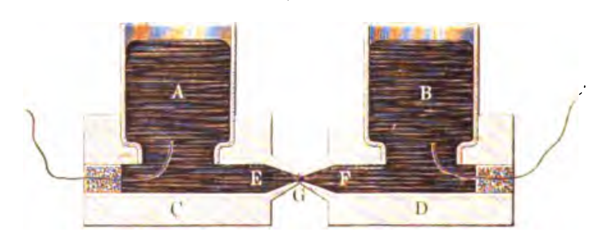
Um einen freien Quecksilbertropfen in bestimmter Grösse zu haben, benutzte Hansen eine U förmige Röhre mit Schenkeln von ungleicher Weite. In dem weiteren Schenkel ist eine Schraube angebracht, durch welche ein genau schliessender Cylinder auf und ab bewegt werden kann. Wird die U förmige Röhre mit Quecksilber gefüllt, so kann man durch sorgsames Hinabschrauben des Cylinders in der weiten Röhre das Quecksilber in dem schmäleren Schenkel so dirigiren, dass ein innerhalb bestimmter Grenzen beliebig grosser Tropfen aus ihm hervorragt, in welchen das Platinscheibchen eintaucht.

Dieser Apparat äussert durchaus unmerklichen Einfluss auf den Gang der Uhr. Die einzige Unbequemlichkeit, die mit ihm verbunden ist, besteht darin, dass das Quecksilber sehr bald sich oxydirt und deshalb seine Oberfläche häufig gereinigt werden muss.

c. Die Stromunterbrechung nach Krille [1]). Bei diesem Verfahren geschieht die Stromverbindung resp. Unterbrechung auf folgende Weise.

Zwei mit Quecksilber gefüllte Glasgefässe *A* und *B*, Fig. 103, nat. Gr., auf den Elfenbeinstücken *C* und *D* befestigt, sind mit ihren seitlichen

Fig. 103.



Ausflussröhren *E* und *F* so unter einander verbunden, dass sich ein unbeweglicher dünner Quecksilberfaden *E G F* bildet, ohne dass an den Enden von *E* und *F* Quecksilber ausfliessen kann.

Die beiden Gefässe sind im Uhrgehäuse so neben der Uhr befestigt

Gotha. Berichte über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch zu Leipzig Bd. XI, S. 249. 1859.

[1]) Peters. Beschreibung eines auf der Altonaer Sternwarte aufgestellten galvanischen Registrirapparates für Durchgangsbeobachtungen, nebst Vergleichung einiger an demselben bestimmten Personaldifferenzen mit solchen, die auf gewöhnliche Weise gefunden sind. Schuhmacher's Astrom. Nachricht Bd. 49, S. 8. 1859.

dass der Quecksilberstrahl EGF der Ankerwelle der Uhr parallel ist und nahezu in gleicher Höhe mit derselben sich befindet. An der Ankerwelle ist ein kleiner metallener Arm angebracht, an dessen einem Ende ein äusserst dünnes Glimmerblättchen befestigt ist, das senkrecht zur Richtung des Quecksilberstrahles EGF steht und denselben in seiner Mitte G so lange durchschneidet, bis das Pendel der Passagenuhr die Lothlinie passirt hat. Es bleibt somit während dieser Zeit die metallische Verbindung zwischen den beiden Quecksilbergefässen A und B unterbrochen. In der darauf folgenden Zeit, in welcher das Pendel von seiner grössten Ausdehnung zurückkehrend wieder die Verticale erreicht, durchschneidet das Glimmerblättchen den Quecksilberstrahl EGF nicht und folglich findet eine metallische Verbindung zwischen A und B statt. In der darauf folgenden Zeit ist die Verbindung wieder unterbrochen u. s. w.

Mit den Quecksilbergefässen A und B sind Drähte in Verbindung, die zu den Polen eines galvanischen Elementes führen. In einen dieser Drähte ist eine Spirale eingeschaltet, die in vielen Windungen einen Elektromagneten umgiebt.

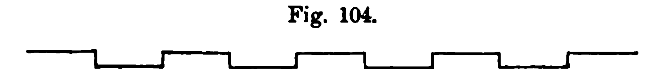
So lange der Strom geschlossen ist, zieht dieser Elektromagnet einen Hebelarm an, welcher eine zweite galvanische Kette schliesst, in deren Kreis sich wiederum ein Elektromagnet befindet; erst dieser trägt den Schreibapparat. Diese Anordnung ist als eine Vorsichtsmaassregel aufzufassen, da Krille den Markirelektromagneten durch eine Kohlenzinkbatterie von 14 Elementen in Thätigkeit versetzen lässt.

Das Glimmerblättchen, welches zur Unterbrechung der metallischen Verbindung zwischen den Gefässen A und B dient, kann in einer Spalte des an der Ankerwelle befestigten Armes durch Schrauben festgeklemmt werden und wird darin so gestellt, dass die auf einander folgenden Zeiten auf dem Cylinder von gleicher Länge werden. Die genauere Berichtigung in dieser Beziehung geschieht mittelst einer Mikrometerschraube, durch welche das Gestell, worauf die Gefässe A und B befestigt sind, auf- und niederbewegt werden kann.

Der Unterbrecher übt auf den Gang der Passagenuhr durchaus keinen Einfluss aus. Man erkennt dies daraus, dass in den Schwingungsweiten des Pendels kein Unterschied zu bemerken ist, ob jener Apparat an der Uhr angebracht ist, oder nicht.

Da bei dieser Einrichtung der Strom abwechselnd eine Secunde hindurch geschlossen und unterbrochen wird, so beschreibt der Stift,

Fig. 104.



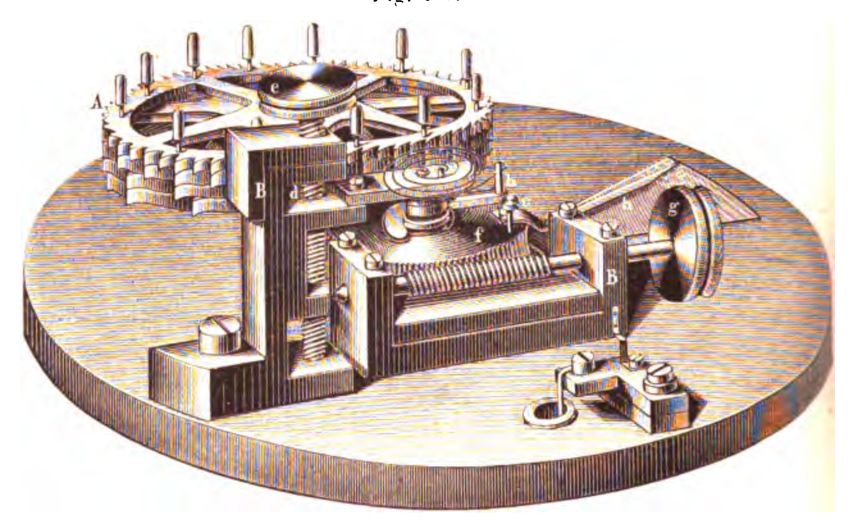
welcher die Secunde markirt, eine Linie, die bei abgewickeltem Papiere die Form von Fig. 104 hat.

Kommt es darauf an, Zeitangaben zu machen, die Multipla von Secunden entsprechen, so kann man den Unterbrecher von Zachariä

anwenden, der in Zeitintervallen von 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30 und 60 Secunden einen elektrischen Strom zu öffnen und zu schliessen gestattet.

d. Der Unterbrecher von Zachariä[1]. Der Unterbrecher von Zachariä, Fig. 105 und 106 nat. Gr., besteht aus einem von einem

Fig. 105.



Uhrwerk getriebenen Rade *A*, in dessen Rand mehrfache Reihen von Zähnen ausgeschnitten sind, und einem verstellbaren Winkelhebel *a b*, Fig. 106, dessen einer Schenkel *a* das Zahnrad bei seinem Gange streift und dessen anderer Schenkel *b* gegen einen Platinknopf *c* durch eine Spiralfeder gedrückt wird. In dem Hebelarm *b* endet der eine Pol einer Batterie, in dem Platinknopfe *c* der andere.

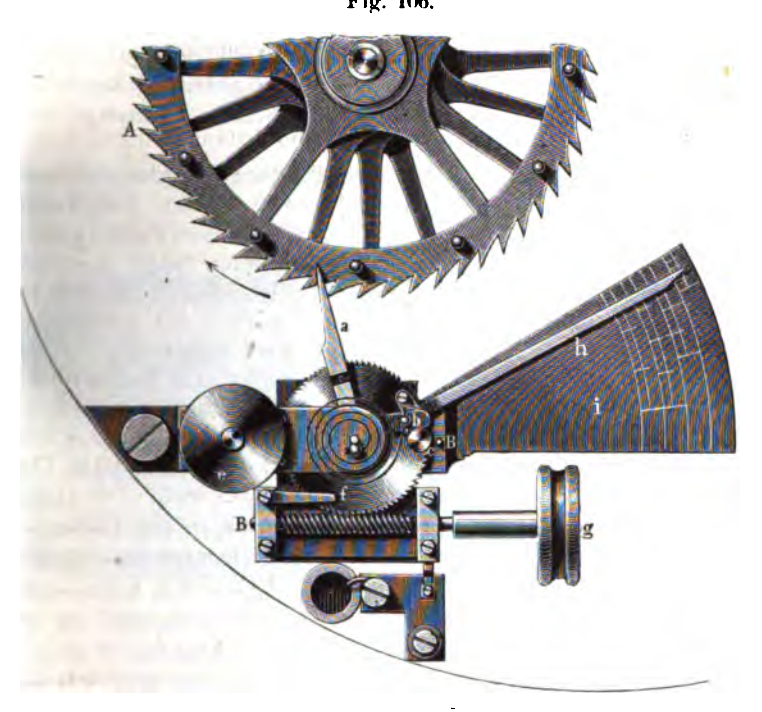
Die Kette ist geschlossen, so lange *b* und *c* sich innig berühren, die Kette ist geöffnet, sobald die Feder nicht mehr den Hebelarm *b* an den Platinknopf *c* drückt. Am Rande des Rades *A*, das in einer Minute einmal umläuft, sind vier Reihen von Zähnen über einander ausgeschnitten. Die oberste Reihe enthält 60 Zähne, die zweite 30, die dritte 20, die vierte 15 Zähne. Weiter sind auf der oberen Fläche des Rades *A* 12 Stifte in gleichen Abständen eingesteckt, die herausgenommen werden können. Der Winkelhebel *a b* steht mit einer Scheibe *f* in fester Verbindung, in deren gezähnten Rand eine Schraube *g* eingreift. Durch diese Schraube kann man die Richtung des Hebelarms *a* gegen den Rand des Rades *A* beliebig ändern, und da das Ganze durch die Schraube *e* und die Führung *d* in dem Schlitten *B* beliebig festgestellt werden kann, so ist dadurch die Möglichkeit gegeben, nicht nur den Arm *a* des Winkelhebels

[1] Bowditch. Ueber die Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen. Berichte über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig, Bd. XXIII, S. 658. 1871.

mit den einzelnen Theilen des Rades A beliebig in Berührung zu bringen, sondern man hat es auch in der Gewalt beim Gange des Rades die Berührung länger oder kürzer andauern zu lassen und damit auf die Dauer der Oeffnung und Schliessung des Stromes einzuwirken.

Beim Gange des Apparates wird der Hebelarm a von den Zähnen oder den Platinzapfen des Rades A zunächst geschleift und dadurch der

Fig. 106.

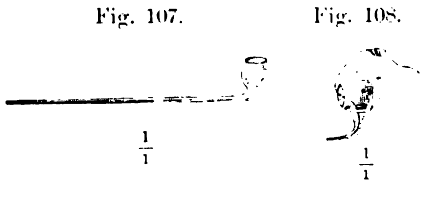


Contact mit c gelöst, mithin der Strom geöffnet, bei fortschreitendem Gange des Rades aber gleitet der Arm a ab und die Spiralfeder drückt sofort den Hebelarm b wider das Knöpfchen c, die Kette ist dadurch wieder geschlossen. Steht der Hebelarm a der Zahnreihe mit 60 Zähnen gegenüber, so wird der Strom in der Minute, in welcher das Rad einmal umläuft, 60 mal unterbrochen; steht er der Zahnreihe von 30, 20 und 15 Zähnen gegenüber, so geschieht die Unterbrechung in der Minute 30, 20 und 15 mal. Stellt man den Hebelarm a so, dass er mit den 12 Zapfen, die sich auf der oberen Fläche des Rades A befinden, in Berührung kommt, so wird der Strom in der Minute 12 mal unterbrochen; nimmt man zwischen je 3 Zapfen den mittleren heraus, also 6 Zapfen, oder zwischen je 4 Zapfen 2, also 8 Zapfen, oder zwischen je 5 Zapfen 3, also 9 Zapfen, so wird der Strom in gleichen Intervallen 6 oder 4 oder 3 mal unterbrochen. Lässt man nur 2 einander gegenüber-

stehende Zapfen stehen, entfernt man also 10 Zapfen, so geschieht die Unterbrechung in der Minute 2 mal und wenn nur 1 Zapfen stehen bleibt, so werden nur die Minuten markirt. Auf diese Weise erhält man also je nach dem Stande des Hebelarmes *a* gegen das Zahnrad *A* und der Menge der Zapfen Intervalle, die 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30 und 60 Secunden entsprechen.

Wie man sieht hängt der Antheil des Intervalls, während dessen Oeffnung oder Schluss der Kette besteht, von der Stellung des Hebelarmes *a* und der mit ihm verbundenen Scheibe *f* ab. Um nun den Stand des Hebelarmes *a*, der einer bestimmten Oeffnungsdauer entspricht, zu markiren, dient der Zeiger *h*, welcher auf der Scheibe *f* befestigt ist und auf dem Zifferblatte *i* sich bewegt.

Die rotirende Fläche, auf welcher die Zeitangaben gemacht werden, ist entweder mit weissem Papier überspannt oder berusst. Das Aufzeichnen auf weisses Papier geschieht durch einen Pinsel, der an dem Elektromagneten befestigt ist und fortwährend mit einer gefärbten Flüssigkeit getränkt wird oder nach **Ludwig** durch ein Glasröhrchen von der Gestalt Fig. 107, nat. Gr., das mit einer farbigen Flüssigkeit gefüllt wird oder durch einen Faden, der an seinem einen Ende mit einem Knoten versehen durch ein kleines gläsernes Reservoir, das eine gefärbte Flüssigkeit enthält, gezogen und auf demselben aufgebunden wird. Fig. 108, nat. Gr. Durch Capillarattraction rückt stetig Flüssigkeit in dem Faden nach.


Fig. 107. $\frac{1}{1}$ Fig. 108. $\frac{1}{1}$

Hat man Registrirungen zu machen, die längere Zeit hindurch fortgehen müssen und hat man nicht mehrere Cylinder in Vorrath, die sofort nach einander auf das Uhrwerk aufgesetzt werden können, so empfiehlt es sich den Regulateur von **Foucault** zu benutzen, den **Marey**[1]) zuerst bei physiologischen Versuchen anwandte. Derselbe besteht, Fig. 109, $^1/_4$ nat. Gr., aus einem Gehäuse *A* von Messing, in dem sich ein genau gehendes Uhrwerk befindet, dessen Gang ausserdem noch durch einen Regulator *B* beeinflusst wird. Das Gehäuse *A* sowie das Zapfenlager *D* sind auf einem Brette *C* befestigt, das sich umklappen lässt, so dass dann das Uhrwerk *A* horizontal, der Cylinder *E* aber vertical zu stehen kommt. Durch das aufgezogene Uhrwerk werden zu gleicher Zeit drei Axen mit Zapfenlagern in Bewegung versetzt, deren Umdrehungsgeschwindigkeiten sich zu einander wie 1 : 6 : 18 verhalten. Auf jede dieser Axen kann der Cylinder aufgesetzt werden, so dass die Umdrehung des Cylinders variirt werden kann. Wird der Regulator zu längere Zeit dauernden Versuchen benutzt, so wird das endlose Papier, das in solchem Falle angewandt wird und das sich auf einer Hülfsrolle aufgewickelt befindet,

---

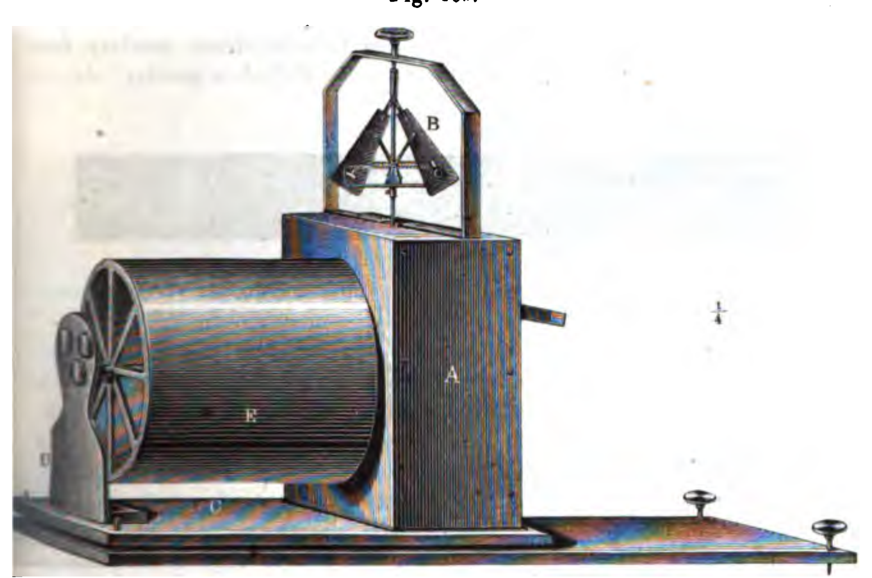
[1]) **Marey**. Du mouvement dans les fonctions de la vie, p. 124. 1868.

beim Gleiten über den Cylinder durch zwei Nebenapparate, die an das Brett *C* angeschraubt werden, an den Cylinder angepresst. Die Fortbewegung des Papiers wird durch zwei Rollen erleichtert.

Das Aufzeichnen auf die berusste rotirende Fläche geschieht durch einen Stift oder eine Borste, die an dem Elektromagneten angebracht sind. Diese liegen der rotirenden Fläche an und kratzen den Russ ab.



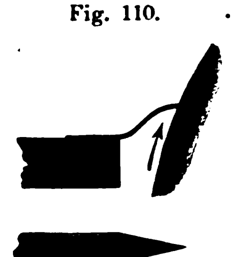
Fig. 109.



7. Die Stimmgabel.

Ebenso wie man die elektromagnetischen Zeitmerker benutzt, um die auf einer rotirenden Fläche registrirten Beobachtungen mit fortlaufenden Zeitangaben zu begleiten, so benutzt man in der nämlichen Absicht auch Stimmgabeln von bekannter Schwingungsdauer als Chronoskope. Zu dem Zwecke wird auf das eine Ende derselben mit Siegellack ein spitz zugeschnittener etwas nach aufwärts gebogener Messingstreifen aufgekittet, wie dies Duhamel zuerst that und Fig. 110, nat. Gr., im Grund- und Aufriss zeigt. Wird diese Stimmgabel an einem festen Stativ befestigt und an eine berusste rotirende Fläche angerückt, so schreibt dieselbe darauf eine gerade Linie. Wird dieselbe aber durch

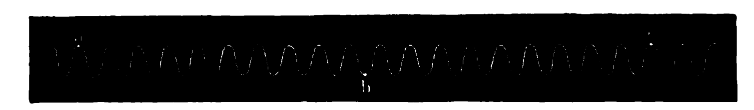
Fig. 110.



einen Klöppel oder Violinbogen in Schwingungen versetzt, so beschreibt sie auf der rotirenden Fläche eine Curve, wie Fig. 111 zeigt. Kennt man die Anzahl der Schwingungen, welche die Stimmgabel in einer Secunde macht, so ist es klar, dass dadurch auch die Zeit und der Weg auf der Trommel bestimmt ist, welche auf eine einzelne Schwingung kommt.

Der Vortheil der Anwendung von Stimmgabeln als Chronoskope bei kurz dauernden Beobachtungen besteht darin, dass man kein sorgfältig gearbeitetes Uhrwerk braucht, welches den Cylinder dreht, sondern dass jede selbst ganz unregelmässige Drehung des Cylinders genügt, da die

Fig. 111.



Stimmgabel in der Zeiteinheit stets die nämliche Zahl von Wellen zeichnet, die Länge der gezeichneten Wellen aber ganz gleichgültig ist.

Donders [1]) benutzte bei seinen Versuchen über die Function des Vagus z. B. zwei Stimmgabeln, von denen die eine in einer Secunde 15, die andere 30 Doppelschwingungen vollzog, wovon Zehntel sicher abgelesen werden konnten. Die Schwingungen wurden durch Ausziehen eines zwischen den beiden Armen der Stimmgabel eingeklemmten Holzklötzchens hervorgebracht, wobei die Schwingungen der Stimmgabel von 15 in einer Secunde mehr als 6 Minuten sichtbar blieben.

Die übrigen in der Physiologie angewandten Methoden zur Bestimmung von Zeitintervallen werden wir an anderen Orten beschreiben.

---

[1]) Donders. Zur Physiologie des Nervus vagus. Pflüger's Arch. Bd. I, S. 335. 1868.

Zweites Capitel.

Von verschiedenen Apparaten und Versuchsmethoden allgemeiner Anwendung.

Während wir im vorhergehenden Capitel eine Reihe von Apparaten abhandelten, die obwohl in ihrer Construction gänzlich verschieden, doch das Gemeinsame hatten, dass sie zum Messen dienten, berichten wir in diesem Capitel von solchen, die nicht nur in ihrer Construction, sondern auch in ihren Zwecken vollständig von einander abweichen. Das Gemeinsame, das sie haben und das ihre Zusammenstellung in einem Capitel rechtfertigt, ist ihre allgemeine, bei den verschiedensten physiologischen Untersuchungen wiederkehrende, häufig vereinte Anwendung. Die meisten der hier anzuführenden Apparate und Versuchsmethoden sind, wenn auch ursprünglich zu rein physikalischen oder rein chemischen Zwecken ersonnen, durch ihren ausgedehnten Gebrauch in der Physiologie nicht unwesentlich verändert und verbessert worden. Nachrichten von diesen Verbesserungen, Modificationen etc. sind in physikalischen wie chemischen Handbüchern nur äusserst spärlich zu finden.

I. Von den Libellen oder Wasserwagen.

Libellen oder Wasserwagen nennt man mit Alkohol gefüllte Gefässe von verschiedener Form, die zur genauen Feststellung einer horizontalen Ebene dienen und auf dem Principe beruhen, dass die Oberfläche jeder Flüssigkeit in einem Gefässe eine horizontale Ebene bildet. Je nach der Form der Gefässe unterscheidet man Dosen- und Röhrenlibellen.

1. Die Dosenlibellen.

Die Dosenlibellen bestehen aus einem messingenen Gehäuse, Fig. 112. nat. Gr., von 40 bis 80 mm Durchmesser und 10 bis 20 mm Höhe. Ihre



Fig. 112.



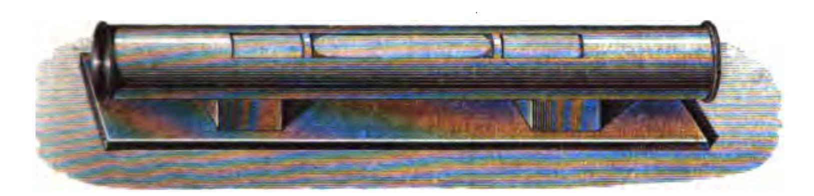
Oberfläche ist mit einer dicht schliessenden Glasplatte versehen, in deren Mitte 1 bis 2 Kreise gezeichnet sind. Die Dose ist bis auf einen kleinen Raum mit Alkohol gefüllt; der Alkohol wird durch ein mit einer Schraube versehenes Loch eingebracht, welches sich auf dem Boden der Dose befindet. Kehrt man die gefüllte Dose um, so erscheint auf der Oberfläche der Flüssigkeit eine dem frei gelassenen Raume entsprechende Luftblase. Diese Luftblase stellt sich in die Mitte der Flüssigkeit ein, sobald die Dose auf einer genau horizontalen Ebene steht. Kommt die Luftblase nicht in der Mitte der Flüssigkeit zur Ruhe, so ist die Ebene nicht horizontal; um dieselbe horizontal zu machen, hat man so lange zu richten, bis die Luftblase genau in der Mitte der Dose zur Ruhe kommt. Die auf der Glasplatte gezeichneten Kreise dienen als Anhaltspunkte für die Beurtheilung, ob die Luftblase sich in der Mitte befindet, und lehren den Grad der Abweichung der zu prüfenden Ebene von einer horizontalen kennen.

2. Die Röhrenlibellen.

Die Röhrenlibellen, Fig. 113, 1/2 nat. Gr., bestehen aus 80 bis 200 mm langen und 5 bis 10 mm weiten Glasröhren, die mit Alkohol bis auf eine kleine Luftblase gefüllt und an beiden Enden zugeschmolzen sind. Die Glasröhren sind in der Mitte etwas, wenn auch wenig gekrümmt und in eine Messinghülse eingekittet. Der Ausschnitt der Hülse dient zur Beobachtung der Luftblase in der Glasröhre. Die auf der Glasröhre befindlichen von der Mitte gleich weit entfernten Striche oder Messing-

streifen erleichtern die Einstellung, indem sie die Grösse der Correctionen andeuten, die vorzunehmen sind, damit die Luftblase sich in die Mitte einstellt und die Ebene horizontal wird. Bei sehr genauen Instrumenten

Fig. 113.



ist auf der Oberfläche der Glasröhre noch eine Theilung angebracht, die in der Mitte mit 0 beginnend sich nach beiden Seiten fortsetzt. Auf horizontalem Niveau reicht die Blase bis zu gleichnamigen Theilstrichen rechts und links.

Wenn man mit einer Röhrenlibelle prüfen will, ob eine Ebene horizontal ist, so setzt man sie unter verschiedenen Winkeln auf die Ebene auf. Ist die Ebene horizontal, so nimmt die zu Ruhe gekommene Luftblase stets die nämliche Stelle ein. Ist dies nicht der Fall, so hat man so lange an der Ebene zu richten, bis dies eintritt. An Messinstrumenten finden sich die Röhrenlibellen häufig festgeschraubt, wie z. B. an Staudinger's Kathetometer, Fig. 21, $^1/_8$ nat. Gr., zu sehen ist.

Natürlich kann nur mit einer richtigen Libelle eine Ebene horizontal gestellt werden. Ist die Libelle nicht richtig, so muss dieselbe rectificirt werden. Steht eine horizontale Ebene zur Verfügung, so giebt sich die Unrichtigkeit der Libelle dadurch zu erkennen, dass die Luftblase in derselben in verschiedenen Stellungen stets nach dem nämlichen Ende aufsteigt. Die untere Seite dieses Endes muss dann abgeschliffen werden. Meistentheils wird es sich jedoch ereignen, dass man bei der Prüfung der Libelle keine horizontale Ebene zur Verfügung hat. Wenn man festhält, dass ein Fehler in der Ebene dadurch zur Anschauung kommt, dass beim Umdrehen der Libelle die Blase stets nach dem entgegengesetzten Ende der Röhre sich bewegt, ein Fehler der Libelle aber dadurch, dass dieselbe stets nach dem nämlichen Ende aufsteigt, so empfiehlt es sich, das Verfahren, das Muncke [1]) angiebt, anzuwenden. Man zeichnet auf einer möglichst horizontal gelegten Spiegelglasplatte, die auf Stellschrauben ruht, eine gerade Linie und setzt die Libelle so auf die Platte, dass die Linie genau durch die Axe der Libelle geht. Alsdann dreht man die Libelle mehrmals um 180° und beobachtet dabei stets den Stand der Blase. So lange bei diesem Wechsel die Blase sich stets nach den entgegengesetzten Enden der Röhre bewegt, muss die Lage der Glasplatte

[1]) Muncke in Artikel Wasserwage; Gehler's physik. Wörterbuch Bd. 10, S. 1274. 1842.

corrigirt werden, sobald aber die Blase sich stets nach der nämlichen Seite der Libelle bewegt, muss letztere corrigirt werden, und zuletzt muss man mit beiden Correctionen so lange fortfahren, bis die Blase bei wiederholten Drehungen stets in der Mitte der Röhre zum Stillstand kommt. Bei sehr feinen Apparaten muss man einseitige Erwärmung vermeiden, weil die Röhre sich sonst theilweise ausdehnt und die Luftblase zum erwärmten Ende hineilt.

II. Von einigen optischen Instrumenten.

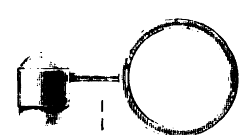
Die meisten der hier abgehandelten optischen Instrumente sind in ihrer jetzigen Gestalt und Vollkommenheit geringen Alters. Ihre Construction und ihre jetzige Vollkommenheit verdanken sie wesentlich dem praktischen Bedürfnisse des Naturforschers. Ihr Verständniss setzt Kenntniss der wichtigsten Lehren der Optik voraus, ihre gewandte Handhabung erlernt sich durch Uebung.

1. Von den Lupen.

Von den verschiedenen Lupen erwähnen wir nur die von Stanhope, die von Brücke und die von Zeis, von denen jede ihre besonderen Vorzüge besitzt.

a. Die Lupe von Stanhope. Dieselbe, Fig. 114, nat. Gr., besteht aus einem cylindrischen Glasstücke, dessen Oberflächen gewölbt sind. Die dem Auge zugekehrte Fläche ist stärker gewölbt als die untere. Die Lupe ist gewöhnlich in eine silberne Hülse gefasst, an der ein Ring angelöthet ist, um sie bequem in der Hand halten zu können. Die Vergrösserung geht in der Regel bis zu 30; Lerebours [1]) in Paris verfertigte früher auch solche mit 80facher Vergrösserung.

Fig. 114.



b. Die Arbeitslupe von Brücke. Brücke [2]) construirte dieselbe, um die gebückte Stellung bei feineren anatomischen Arbeiten zu vermeiden und um kleine Gegenstände im Wasser aufzusuchen. Das Objectiv dieser Lupe bildet ein Paar achromatischer Sammellinsen, das Ocular ein con-

[1]) Extrait d'une lettre de M. Lerebours. Sur quelques-uns des inconvénients qui ont été reprochés à la lentille Stanhope. Compt. rend. Bd. 12, p. 582. 1841.

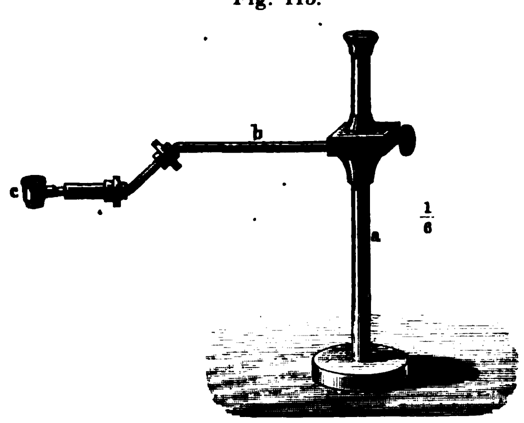
[2]) Brücke. Sitzungsber. der mathem. naturwissensch. Classe der Akad. der Wissensch. Bd. VI, S. 554. 1851.

caves Glas. Bei der ersten Construction entnahm Brücke die achromatischen Sammellinsen aus Ocularen eines grossen Plössl'schen Mikroskopes; das Ocular stammte aus einem Operngucker. Objectiv und Ocular wurden durch eine cylindrische Röhre von 90 mm Länge und 40 mm Breite verbunden. Der Objectabstand betrug für das Normalauge 75 mm, also die Entfernung des Auges von dem zu untersuchenden Gegenstande 165 mm. Die Vergrösserung für 8 Par. Zoll Sehweite war 6·6 mal. Der Durchmesser des Sehfeldes war = 14 mm.

Man sieht, dass sich diese Lupe vor den gewöhnlichen, namentlich vor der Stanhope'schen, durch den grossen Objectabstand auszeichnet und dass sich ihre Anwendung da empfiehlt, wo es nicht angenehm ist, sich dem zu untersuchenden Gegenstande sehr zu nähern.

c. **Die Lupen von Zeis** [1]). Dieselben bestehen aus einer Vereinigung von Linsen, die eine Vergrösserung von 8 bis 150 linear in angemessenen Abstufungen gestatten und selbst bei der schärfsten Vergrösserung noch einen Objectivabstand von 8 bis 9 mm gewähren. Es wird dies durch eine neue Linsencombination erreicht, bei welcher ein einfaches, doppeltes oder dreifach achromatisches Objectivsystem mit einer Ocularlinse in

Fig. 115.



einer cylindrischen Hülse verbunden ist. Die Abstufungen der Vergrösserungen erhält man, indem man das untere Linsensystem abschraubt und für sich ohne die das Ocular tragende Hülse benutzt und zwar entweder die obere Linse allein, oder die beiden oberen Linsen allein oder das ganze System. Benutzt man die Lupen zu Zergliederungen etc., so befestigt man dieselben zweckmässig an einem Lupenträger. Ein solcher ist z. B. Fig. 115, $^1/_6$ nat. Gr., abgebildet; er besteht aus einem Stative *a*,

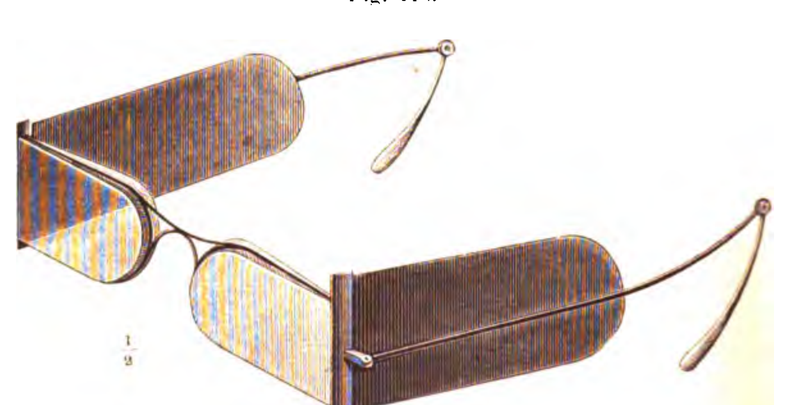
[1]) Zeis. Ein neues Präparirmikroskop. Archiv für mikroskop. Anatom. Bd. VI, S. 234. 1870.

an dem ein horizontaler Arm *b* mit zwei Kugelgelenken verschiebbar ist; *b* endigt in einen Ring *c*, der zur Aufnahme der Lupe dient.

2. Die Dissectionsbrille Brücke's.

Der Zweck der Brücke'schen Dissectionsbrille [1]) ist den Augen grosse Netzhautbilder kleiner naher Gegenstände zu verschaffen und bei schwacher Convergenz der Sehaxen doch einfach zu sehen. Die Gläser dieser Brille, Fig 116, $^1/_2$ nat. Gr., sind convex prismatisch und bestehen

Fig. 116.



aus den beiden Hälften einer in der Mitte durchschnittenen planconvexen Linse. Die dünne Randseite ist der Schläfe, die dicke der Mitte der ursprünglichen Linse entsprechende ist der Nasenwurzel zugewandt; die convexe Seite kommt vor das Auge. Um die Spiegelung seitlich liegender Gegenstände an der convexen Oberfläche der Gläser zu verhindern, befinden sich an den Schläfenseiten des Gestells Schirme.

Der Gebrauch der Brille empfiehlt sich bei feineren Arbeiten, anatomischen Präparationen etc. Ihre Trefflichkeit wird von Exner [2]) hervorgehoben, welches Urtheil wir aus eigener Erfahrung nur bestätigen können.

---

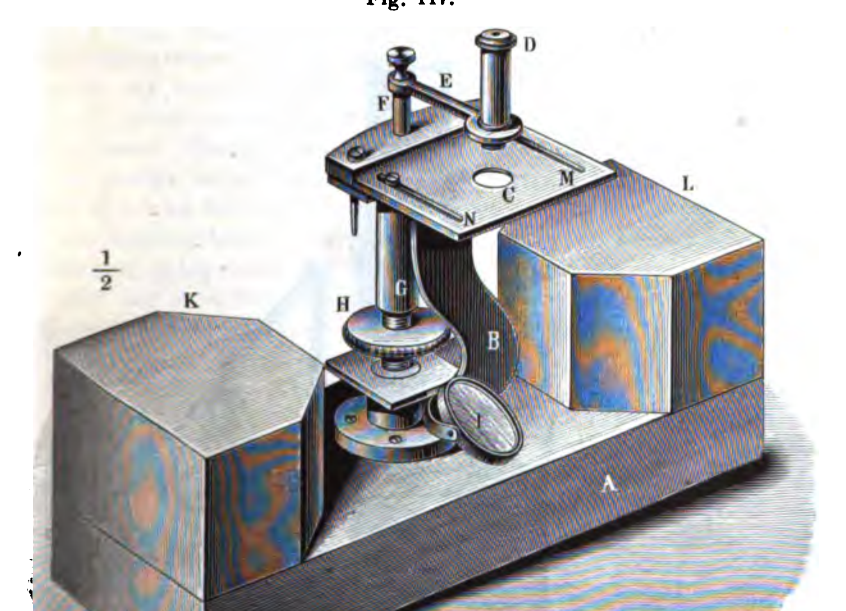
[1]) Brücke. Eine Dissectionsbrille. Archiv für Ophthalmolog. Bd. V, Abtheilung II, S. 181. 1859. Derselbe. Ueber prismatische Brillen. Wiener med. Wochenschrift X. Jahrg. 1860. S. 353.

[2]) Exner. Leitfaden bei der mikroskop. Untersuchung thierischer Gewebe 1873. S. 2.

3. Das einfache Mikroskop.

Als Repräsentanten der einfachen Mikroskope geben wir das Präparirmikroskop von Zeis[1]). Das Instrument ist folgendermaassen eingerichtet. Auf einer Holzplatte *A* von 180 mm Länge, Fig. 117, $^1/_2$ nat. Gr., ist an einer massiven Vorrichtung *B* eine im Centrum durchbohrte Platte *C*, der

Fig. 117.



sogenannte Tisch des Mikroskopes, befestigt. Auf diesen kommt das Object auf einer geeigneten Unterlage, einer Glastafel oder einer Wachsplatte etc., zu liegen. Die Unterlage wird durch die beiden Klemmen *M* und *N* fixirt. Das Object betrachtet man durch die Lupe *D*, die auf einem horizontalen Arme *E* ruht, der seinerseits wieder an einer Stange *F* befestigt ist. *F* kann aus freier Hand in der Hülse *G* verschoben werden. Zur feineren Einstellung benutzt man die Schraube *H*. Um den Gegenstand bei durchfallendem Lichte betrachten zu können, dient der Spiegel *I*. Zum Auflegen der Hände bei der Präparation dienen zwei Holzklötze *K* und *L*, die man zweckmässig durch Anfügen entsprechend

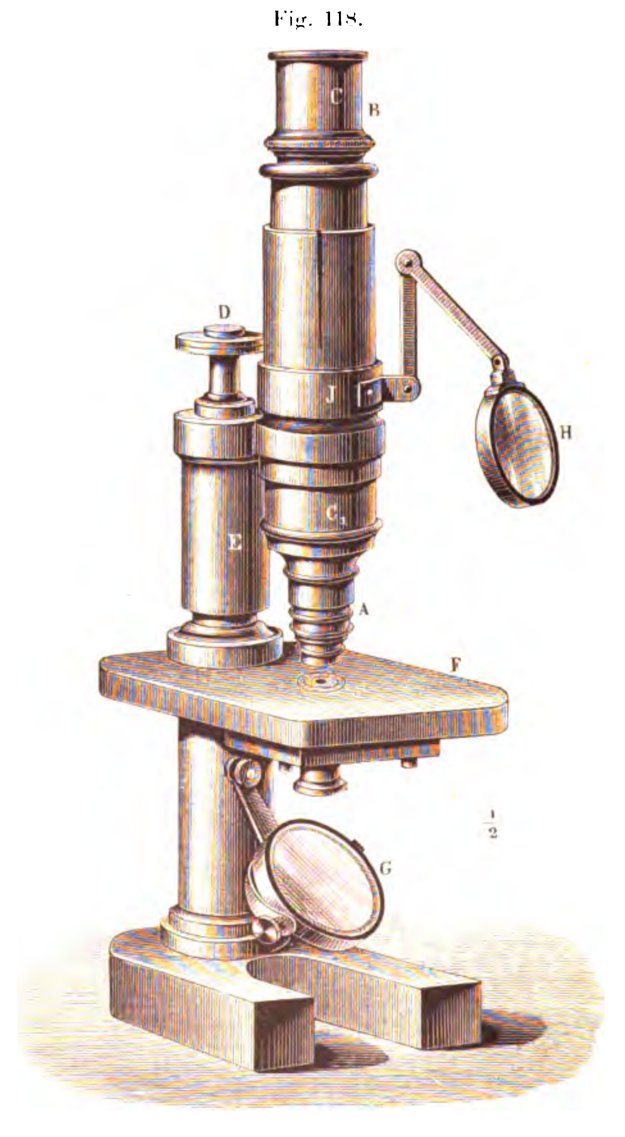
[1]) Zeis. Ein neues Präparirmikroskop. Archiv für mikroskop. Anatomie Bd VI, S. 234. 1870.

geformter Holzstücke verlängert, wobei es bequem ist, dieselben in schiefer Ebene zur Höhe der Klötze ansteigen zu lassen.

4. Das zusammengesetzte Mikroskop.

Alle zusammengesetzten Mikroskope, mögen sie im Uebrigen auch noch so sehr in ihrer Construction von einander abweichen, haben das

Fig. 118.



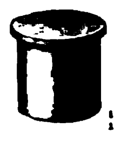
Gemeinsame, dass sie aus einer Sammellinse, die, einem Gegenstande in geeigneter Weise nahe gebracht, ein vergrössertes reelles Bild von demselben entwirft, und einer Lupe bestehen, durch welche dieses vergrösserte Bild betrachtet wird. Von den verschiedenen Mikroskopen geben wir anbei die Abbildung und Beschreibung des kleinen Hufeisenmikroskopes von **Hartnack**, als des in Deutschland am meisten verbreiteten, Fig. 118, $^1/_2$ nat. Gr.

Das dem Objecte zugekehrte Linsensystem *A* heisst das Objectiv, das dem Auge zugewandte *B* das Ocular. Die Verbindung beider geschieht durch zwei in einander verschiebbare Röhren *C* und C_1, Tubus genannt, die innen mit matter schwarzer Farbe überzogen sind. Die Röhre C_1 steckt in einer mit Schlitz versehenen Hülse, die an einer prismatischen Stange befestigt ist und durch die Schraube *D* in der passend hohlen Säule *E* auf und ab bewegt werden kann. Unterhalb der Röhre C_1 ist an der Säule eine Metallplatte *F* angebracht, auf welche der zu untersuchende Gegenstand, zwischen zwei Glasplättchen eingeschlossen, gelegt wird, weshalb die Platte Objecttisch genannt wird.

Der auf dem Objecttische liegende Gegenstand wird entweder bei auffallendem oder bei durchfallendem Lichte betrachtet. Um das Object bei auffallendem Lichte betrachten zu können, benutzt man bei dem **Hartnack**'schen Mikroskope eine Sammellinse *H*, welche mittelst einiger Gelenke an einem Ringe *I* befestigt ist, der über die Mikroskopröhre geschoben wird. Um die Gegenstände in durchfallendem Lichte betrachten zu können, dient der kleine nach mehreren Richtungen hin drehbare Hohlspiegel *G*, der entweder zerstreutes Tageslicht oder das Licht einer Lampe auffängt und nach der Oeffnung in der Mitte des Objecttisches, auf welchen der zu betrachtende Gegenstand zu liegen kommt, reflectirt. Die Grösse der Oeffnung im Objecttische kann durch die Diaphragmen oder Blendungen verkleinert werden. Als solche benutzt man entweder die Drehscheibe, Fig. 119 nat. Gr., die unter dem Objecttisch befestigt wird und eine Reihe kreisförmiger Ausschnitte besitzt, die je nach Bedürfniss unter die Oeffnung des Tisches gedreht werden, oder man bedient sich der sogenannten Cylinderblendungen, d. h. kurzer hohler cylindrischer Röhrchen, Fig. 120, nat. Gr., die an ihrem oberen Ende durch ein planes Plättchen verschlossen und mit einem Loche von verschiedener Grösse versehen sind. Diese Röhrchen werden in die Oeffnung des Objecttisches gesteckt. Bei beiden Blendungsarten sind die kleinsten Löcher für die stärksten Vergrösserungen bestimmt.

Fig. 119.

Fig. 120.



Nachdem wir die äussere Einrichtung des zusammengesetzten kleinen Hartnack'schen Mikroskopes gegeben haben, handeln wir nunmehr von seinen Linsen, von der Bestimmung der Vergrösserung, der Prüfung des optischen Vermögens, der Einrichtung, welche man dem Mikroskope giebt, um dasselbe als Polarisationsmikroskop benutzen zu können, dem Goniometer, da es unter Umständen vorkommt, dass man die Winkel mikroskopischer Krystalle zu messen hat, sowie endlich von der Anfertigung mikroskopischer Präparate.

a. Von den Linsen. Das Ocular Fig. 121, nat. Gr., besteht aus zwei planconvexen Linsen, nämlich der eigentlichen Ocularlinse *A* und der Collectivlinse *B*, die in eine Hülse gefasst sind. Fig. 121 stellt einen Durchschnitt von Ocular Hartnack 3 dar; zwischen *A* und *B* befindet sich die Blendung *C*. Schraubt man *A* ab, so kann man *B* als Lupe benutzen.

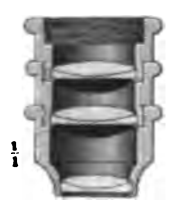
Fig. 121.



Das Objectiv bildet bei allen neueren Mikroskopen ein Linsensystem, das aus zwei oder meistens drei Doppellinsen besteht, die sich aus einer biconvexen Kronglaslinse und einer planconcaven Flintglaslinse zusammensetzen und durch Canadabalsam an einander gekittet sind. Fig. 122, nat. Gr., stellt Hartnack Objectiv 4 dar. Durch derartige Doppellinsen, die man bekanntlich aplanatische nennt, wird die sphärische wie die chromatische Aberration fast ganz aufgehoben; vollständig kann dies bekanntlich nicht geschehen.

Die Optiker pflegen beim Anfertigen von Doppellinsen für Mikroskope der Flintglaslinse gern ein kleines Uebergewicht über das Kronglas zu geben. Es bekommt dann der Rand des Bildes einen bläulichen Saum, der von den unvereinigten mittleren farbigen Strahlen des Spectrums herrührt, die zwischen den vereinigten rothen und violetten Grenzstrahlen liegen. Eine derartige Doppellinse nennt man überverbessert, während man unterverbessert eine Doppellinse nennt, bei welcher noch ein zarter röthlicher Saum zu sehen ist.

Fig. 122.



Die Einstellung des Tubus nimmt man bei Objectiven mit geringer Focaldistanz am besten in der Weise vor, dass man ihn mit der Hand soweit nach abwärts schiebt, dass er fast an das Deckgläschen anstösst; alsdann schraubt man ihn mit der Mikrometerschraube soweit in die Höhe bis das Bild klar erscheint. Auf diese Weise vermeidet man am besten jegliche Berührung zwischen Objectiv und Deckgläschen. Ist die Reibung des Tubus in der

Hülse zu gross, so kann man durch Bestreichen desselben mit Glycerin oder Fett seine Bewegung erleichtern.

Benutzt man ein Immersionssystem, so bringt man einen kleinen Tropfen destillirten Wassers mittelst einer kleinen Pipette auf die Linse oder einen kleinen Tropfen auf das Deckgläschen und verfährt bei der Einstellung des Tubus auf die nämliche Weise.

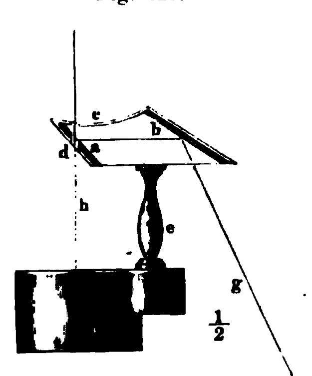
b. Bestimmung der Vergrösserung. Die vergrössernde Kraft eines Mikroskopes kann man, wenn die Brennweiten der Linsen bekannt sind, durch Rechnung finden; einfacher aber geschieht die Ermittelung durch directen Versuch.

Zu dem Behufe legt man unter das Objectiv des Mikroskopes ein Glasmikrometer, bei welchem die Länge eines Millimeters z. B. in 20 Theile getheilt ist, dann bringt man neben das Mikroskop in deutliche Sehweite — gewöhnlich wird 25 Centimeter genommen — einen gewöhnlichen Millimetermaassstab. Sieht man nun mit dem einen Auge in das Mikroskop, mit dem anderen nach dem Maassstab, so sieht man zu gleicher Zeit beide und kann nun beobachten, wie sich die Zwischenräume der beiden Maasse zu einander verhalten. Zeigt es sich z. B., dass 4 Millimeter des gewöhnlichen Millimetermaasses zwischen je zwei Theilstriche des Mikrometers zu liegen kommen, so ist die Länge von $^1/_{20}$ Millimeter durch das Mikroskop zu 4 Millimeter vergrössert und die Vergrösserung eine 80fache.

Bei starken Vergrösserungen wendet man Glasmikrometer an, bei denen 1 Millimeter in 100 gleiche Theile getheilt ist. Kommen dann z. B. auf zwei Theilstriche des Mikrometers drei Theilstriche des Millimetermaassstabes, so ist die Vergrösserung eine 300fache.

Bei einiger Uebung gelingt es bald, Kopf und Auge ruhig so zu halten, dass die Theilstriche der beiden Maassstäbe scharf gesehen werden.

Fig. 123.



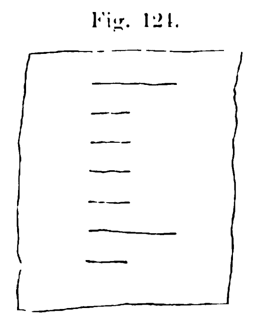
Steht ein Zeichenapparat, z. B. die Camera lucida von Nachet oder der Zeichenapparat von Seibert, zur Verfügung, so wird die Bestimmung der Vergrösserung sehr vereinfacht.

Der Zeichenapparat Seibert's, Fig. 123, $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus zwei Spiegeln *a* und *b*, die an der Innenseite eines unten offenen Gehäuses *c* angebracht sind. In der Mitte des Spiegels *a* ist bei *d* an einer kleinen Stelle der Spiegelbelag weggekratzt. Der ganze Apparat ist an einer Stange *e* befestigt,

die auf einem Ringe *f* ruht, welcher über die Mikroskopröhre geschoben wird. Das runde Loch *d* ist kleiner als die Pupille und befindet sich genau in der Mikroskopaxe. Die Strahlen, die von dem unter dem Mikroskope liegenden Objecte kommen, treten durch dasselbe in das Auge; gleichzeitig aber gelangen auch Strahlen in das Auge, die von Gegenständen herrühren, welche neben dem Mikroskope liegen; kommen z. B. Strahlen in der Richtung von *g*, so werden dieselben von den Spiegeln *a* und *b* so reflectirt, dass sie in gleicher Richtung mit den Strahlen, die von *h* kommen, in das Auge gelangen.

Um die Vergrösserung des Mikroskopes nun mit dem Zeichenapparat Seibert's zu bestimmen, legt man unter das Mikroskop das Mikrometer und neben dasselbe ein Blatt Papier. Auf diesem Papier fährt man mit einem Bleistift die durch das Mikroskop gesehenen Theilstriche nach. Hat man z. B. ein Mikrometer unter das Mikroskop gelegt, bei welchem das Millimeter in 20 Theile getheilt ist und beistehende Zeichnung, Fig. 124 nat. Gr., erhalten, so beträgt der Abstand zwischen zwei Theilstrichen mit dem Maassstab gemessen 4 mm. Die Vergrösserung ist dann eine 80fache, da die Länge von $^1/_{20}$ mm durch das Mikroskop zu 4 mm vergrössert wurde.

Fig. 124.



c. Prüfung des optischen Vermögens. Zur Prüfung des optischen Vermögens eines Mikroskopes werden demselben von den Verfertigern als Test- oder Probeobjecte gewöhnlich Diatomeen mitgegeben, an deren Oberfläche ein gutes Instrument ein System von Linien, die parallel unter einander oder in verschiedenen Winkeln zu einander verlaufen, scharf erkennen lässt. Man achtet dabei auf den Grad der Sichtbarkeit der Streifen, sowie deren Anzahl, die auf eine bestimmte Strecke kommen. Als Probeobjecte benutzt man am häufigsten Pleurosigma formosum, mit zwei Systemen von Streifen, die sich unter rechtem Winkel schneiden, Pleurosigma angulatum, mit sechseckigen an den Ecken abgerundeten Feldern, Surirella Gemma mit zu beiden Seiten der Mittelrippe queren senkrecht darauf stehenden Streifchen. Da diese organischen Probeobjecte jedoch individuelle Verschiedenheiten zeigen, indem die Sichtbarkeit der einzelnen Streifen, sowie der Abstand derselben von einander mannigfach variirt, so können diese Probeobjecte keinen absoluten Maassstab für die Güte eines Mikroskopes liefern. Um sich von der Natur unabhängig zu machen und ein allgemein gültiges Maass für das optische Vermögen eines Mikroskopes zu schaffen, fertigte daher Nobert [1]) mittelst einer besonderen Theilmaschine zehn Gruppen auf Glas radirter paralle-

[1]) Nobert. Ueber die Prüfung und Vollkommenheit unserer jetzigen Mikroskope. Poggendorff's Annal Bd. 67, S. 175. 1846.

ler Linien an, bei welchen der Abstand der einzelnen Linien in der ersten Gruppe $^1/_{1000}'''$, in der zehnten aber $^1/_{4000}'''$ war, während die acht Zwischengruppen rücksichtlich der Entfernung ihrer parallelen Linien Glieder einer geometrischen Reihe bildeten. Später fertigte Nobert Glastäfelchen mit noch feinerer Theilung an. M. Schultze [1]) berichtet von solchen, in denen der Abstand der parallelen Linien $^1/_{10000}'''$ betrug. Diese mit genannter äusserst feinen Theilung versehenen Glasplättchen werden Nobert'sche Probetäfelchen genannt.

Die Nobert'schen Probetäfelchen sowie die Diatomeen spielen bei den Mikroskopverfertigern zum Theil heute noch bei der Beurtheilung der optischen Leistungsfähigkeit eines Mikroskopes als Testobjecte eine grosse Rolle; die praktischen Mikroskopiker aber sind seit geraumer Zeit von ihrer Anwendung bei Prüfung eines Mikroskopes abgekommen, für sie bildet das deutliche Erkennen der Molecularbewegung von Körnchen einer lebenden Zelle z. B. im Innern von Speichelkörperchen den Maassstab für den optischen Werth eines Mikroskopes.

d. Das Polarisationsmikroskop. Jedes Mikroskop kann dadurch zu einem Polarisationsmikroskope gemacht werden, dass man das Licht vor und nach seinem Durchgange durch das Object durch je ein Nicol'sches Prisma gehen lässt. Zu dem Behufe brachte bereits Talbot [2]) das eine Nicol'sche Prisma, den Polarisator, in die Blendungsöffnung des Objecttisches, das andere, den Analysator, aber setzte er auf das Ocular des Mikroskopes. Später wurde der Analysator in der Röhre des Mikroskopes unmittelbar über dem Objective oder in dem Oculare selbst angebracht.

Da bei den Nicol'schen Prismen der Eintritt und Austritt der Lichtstrahlen sehr schief gegen die Eintritts- und Austrittsebene stattfindet, so machen sich die geringsten Fehler in der Bearbeitung des subtilen isländischen Kalkspathes durch unregelmässige Brechungen bedeutend bemerklich. Hartnack und Prazmowski [3]) construirten deshalb, auf theoretische Ueberlegungen gestützt, Prismen, deren Schnittflächen sie senkrecht zu der Axe des Krystalls führten; ausserdem wandten sie zum Kitten der Flächen statt des gebräuchlichen Canadabalsames Leinöl an. Dadurch gelang es ihnen, die Prismen zu verkürzen und das Gesichtsfeld bedeutend zu vergrössern. Während das Gesichtsfeld bei den gewöhnlichen Nicols ungefähr 22 bis 23° beträgt, erhält man durch die Hartnack- Prazmowski'schen Prismen ein Gesichtsfeld von 35°.

---

[1]) M. Schultze. Die Nobert'schen Probeplatten. Arch. für mikroskop. Anatomie Bd. I, S. 305. 1865.

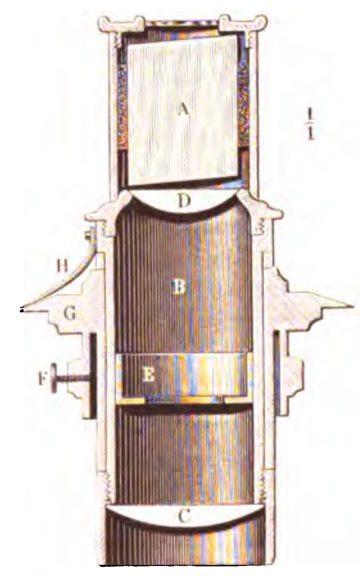
[2]) Talbot. Experiments on light. The London and Edinburgh philosoph. magaz. Vol. V, p. 321. 1834.

[3]) Hartnack et Prazmowski. Prisme polarisateur, Annal. de chim. et de phys. 4. Ser., T. VII, p 181. 1866. Auch: Das Polarisationsprisma. Carl's Repert. für physikal. Technik Bd. I, S. 325. 1866, und Bd. II, S. 217. 1867.

Fig. 125, nat. Gr., zeigt den Polarisator eines Hartnack'schen Mikroskopes neuester Construction im Durchschnitte. *A* ist das Nicol'sche Prisma, das in einer Röhre *B* mittelst Kork befestigt ist und in die



Fig. 126. Fig 125.





Blendungsöffnung des Objecttisches eingeschoben wird. *C* ist eine planconvexe Linse über dem Prisma zur Verstärkung des Lichtes, *D* ist eine Glasplatte, die zum Schutze des Prismas dient. Den Analysator eines Hartnack'schen Mikroskopes zeigt Fig. 126, nat. Gr. *A* ist das Nicol'sche Prisma, *B* das Ocular mit den beiden planconvexen Linsen *C* und *D*; *E* ist die Blendung. Das Ocular mit dem Nicol'schen Prisma dreht sich in einer Hülse *G*, die auf die Röhre des Mikroskopes geschoben wird und durch die Schraube *F* festgestellt werden kann. An dem Oculare ist bei *H* ein Zeiger angebracht, der beim Drehen des Oculars über einen vorspringenden kreisförmigen Ring geführt wird, auf dem sich eine Gradtheilung befindet.

Stehen die beiden Nicols parallel zu einander, so ist das Sehfeld hell, stehen dieselben senkrecht auf einander, so ist das Sehfeld dunkel. Befinden sich doppeltbrechende Körper zwischen den beiden Nicols, so erscheinen dieselben entweder leuchtend oder gefärbt. Schaltet man einen doppeltbrechenden Körper, der selbst schon Farben giebt, z. B. Glimmerplättchen, zwischen die beiden Nicols ein und legt man auf diese ein Object, so erscheint das Sehfeld je nach der Dicke des Plättchens verschieden gefärbt; das Object aber hebt sich in einer anderen Farbe ab.

Da der Glimmer gewöhnlich zwischen seinen Schichten Luft enthält, so empfiehlt Exner [1]) ihn zuerst in Terpentin auszukochen und ohne ihn wieder austrocknen zu lassen in Damarlack einzuschliessen.

[1]) Exner. Leitfaden bei der mikroskopischen Untersuchung thierischer Gewebe 1873, S. 32.

Um jedes auffallende Licht auszuschliessen umgiebt man den Object-
sch mit einer Kappe, in die eine kreisrunde Oeffnung für den Tubus
es Mikroskopes eingeschnitten ist.

e. Das Goniometer. Von allen Goniometern, die zur Winkel-
iessung mikroskopischer Krystalle construirt wurden, zeichnet sich das
ioniometer von Schmidt [1]) durch seine Einfachheit aus. Es besteht,
'ig. 127, $^1/_2$ nat. Gr., aus einer Kreisscheibe, deren äusserer Rand in
, Grade getheilt ist. Derselbe wird mittelst eines Ringes *B* auf der Mikroskopröhre in passender Entfernung von dem oberen Rande des Oculars *C* fixirt. Auf der oberen Fläche des Oculars, das mit einem Fadenkreuze versehen sein muss, wird mittelst einer Schraube *D* ein Nonius *E*, der sich in einem Charniere bewegt, befestigt. Zur Erleichterung des Ablesens dient eine planconvexe Linse *F* über dem Nonius.

Fig. 127.



Das Messen der Winkel geschieht folgendermaassen: Man bringt
die Spitze des zu messenden Krystallwinkels genau in den Kreuzungs-
punkt des Fadenkreuzes und dreht das Ocular so lange, bis einer der
Faden sich mit einem Schenkel des zu messenden Winkels deckt und
liest bei *E* ab. Hierauf dreht man das Ocular so lange bis der andere
Schenkel mit dem nämlichen Faden zusammenfällt und liest abermals
ab. Die Differenz zwischen beiden Ablesungen giebt die Grösse des
Winkels an. Schmidt fand den möglichen Fehler, der mit diesem Appa-
rate in der Bestimmung von Winkeln gemacht werden kann, ungefähr
20 Secunden betragend.

f. Das Anfertigen mikroskopischer Präparate. Die Objecte,
über die man durch das Mikroskop Aufschluss haben will, können nur
dann ohne Weiteres auf den Objectträger unter das Deckgläschen mit
etwas Flüssigkeit gebracht und beobachtet werden, wenn sie gehörig
isolirt sind. In den meisten Fällen findet dies nicht statt. Die Objecte
müssen daher vor ihrer Untersuchung in kleine Partikelchen zerzupft
oder zerrissen oder in dünne Scheibchen zerlegt werden. Durch diese
Manipulationen entstehen die sogenannten Zupf- und Schnittpräparate.

Das Anfertigen von Zupfpräparaten geschieht im Allgemeinen
dadurch, dass man ein kleines Stückchen des Gegenstandes, der unter-
sucht werden soll, auf den Objectträger bringt und in einem Tropfen

---

[1]) Schmidt. De microcrystallometria, Dorpat 1846, S. 8. Derselbe. Entwurf einer allgemeinen Untersuchungsmethode der Säfte und Excrete des thierischen Organismus S. 19. 1846.

einer geeigneten Flüssigkeit mit zwei Nadeln zerzupft. Das Zerzupfen soll nicht in einem planlosen Zerreissen bestehen, sondern methodisch soll das, was einem wesentlich dünkt, von dem Unwesentlichen getrennt werden. Im Allgemeinen wird man dadurch am leichtesten zum Ziele gelangen, dass man mit dem Zerzupfen am Rande des Objectes beginnt. Als Zerzupfungswerkzeuge genügen fast in allen Fällen Nadeln von der Form Fig. 128, nat. Gr., die in einen hölzernen oder beinernen Griff eingelassen sind; unter Umständen erleichtert die Isolation eine Nadel, die in eine kleine zweischneidige spitze Lanze endet. Fig. 129, nat. Gr.

Fig. 128. 129.

Das Anfertigen von Schnittpräparaten geschieht entweder aus freier Hand mit einem Rasirmesser, oder durch ein sogenanntes Doppelmesser, oder durch ein Mikrotom. Vor dem Anfertigen der Schnitte ist es fast immer nöthig, dass man die Objecte zum Schneiden vorbereitet, d. h. dass man sie härtet. Von den allgemein gebräuchlichen Erhärtungsmitteln erwähnen wir das Erhärten durch Gefrieren, durch Alkohol, Chromsäure und die Müller'sche Flüssigkeit.

Will man das Object durch Gefrieren erhärten, so bringt man es in eine Platinschale und setzt diese in eine Kältemischung, die man am besten aus gestossenem Eis, Schnee mit Kochsalz oder Salmiak bereitet. Sobald das Object fest gefroren ist, schneidet man es mit den abgekühlten Instrumenten. Benutzt man Alkohol als Erhärtungsmittel, so schneidet man das Object vor Einbringen in diesen in kleine Stückchen. Chromsäure wirkt erhärtend in 0·25 bis 2 Proc. Lösungen, wie zuerst Hannover [1]) angab. Hochgeschätzt ist als Erhärtungsmittel die Müller'sche Flüssigkeit, die in 1000 cbcm destillirten Wassers 25 g Kaliumdichromat und 10 g Natriumsulphat enthält.

Geschieht das Anfertigen von Schnitten mit einem Rasirmesser, so hält man das Object, wenn es hinlänglich gross ist, zwischen dem Zeigefinger und dem Daumen der einen Hand und schneidet mit dem horizontal gehaltenen scharfen Rasirmesser, ohne den geringsten Druck anzuwenden, ziehend an sich vorbei. Ist der Körper zu klein, so schliesst man ihn am besten in mittelst absolutem Alkohol gut gehärtete Menschenleber oder in Kork, Hollundermark, gehärtetes Rückenmark grösserer Säugethiere etc. ein, oder man bedient sich der sogenannten Einbettungsmethode, d. h. man schliesst das Object in eine flüssige Masse ein, die leicht zum Erstarren gebracht werden kann. Als derartige geeignete Einschlussmasse empfiehlt Stricker [2]) eine heisse Mischung von Wachs

---

[1]) Hannover. Die Chromsäure, ein vorzügliches Mittel bei mikroskopischen Untersuchungen. Müller's Archiv Jahrg. 1840, S. 549.

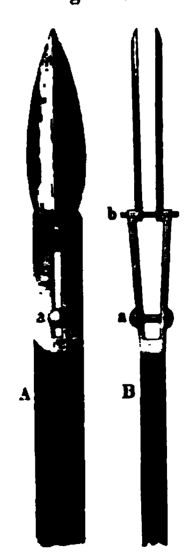
[2]) Stricker. Handbuch der Lehre von den Geweben Bd. I, S. 23. 1871

und Oel, Rindfleisch [1]) Glyceringummi, Klebs [2]) Glycerinleim, Flemming [3]) Transparentseife. Durch Erweichen der Einschlussmasse in Alkohol isolirt man alsdann den Schnitt.

In den meisten Fällen ist es gut, namentlich aber dann, wenn die Objecte feucht sind, dass man das Messer vor dem Schneiden mit Wasser, Alkohol etc. benetzt. Das Object lässt sich dann leicht von dem Messer abheben oder abspülen.

Zur Aufhellung der Schnitte von Objecten, welche in Alkohol erhärtet wurden, wendet man mit dem besten Erfolge das von Rindfleisch [4]) empfohlene Nelkenöl an. Derartig behandelte Schnitte können, wie Rosenberg [5]) angiebt, bei der äusserst unbedeutenden Flüchtigkeit des Oels wochenlang sich selbst überlassen aufbewahrt werden, ohne dass sie sich im geringsten verändern und man genöthigt wäre, sie definitiv einzuschliessen.

Fig. 130.



Da die Feinheit der Schnitte mit dem Rasirmesser von der Geduld und der Geschicklichkeit des Präparators abhängt, so fertigte man bald Instrumente an, durch welche das Anfertigen der Schnitte unabhängig von den Händen gemacht wurde. Derartige Instrumente sind die sogenannten Doppelmesser und die Mikrotome.

Fig. 130, $^1/_2$ nat. Gr., zeigt ein derartiges Doppelmesser, das von Valentin [6]) angegeben wurde, bei *A* von der Fläche, bei *B* vom Rande. Es besteht aus zwei doppelschneidigen Klingen, deren ebene Flächen einander zugekehrt sind. Die Klingen des Messers können durch den Stift *a*, welcher sich in den Schlitz *c* hin- und herschieben lässt, einander genähert werden; ein Stift *b*, der an einer Klinge angelöthet ist, sichert die unverrückte Stellung beider Klingen. Klebs [7]) hat die Brauchbarkeit dieses Doppelmessers unlängst dadurch erhöht, dass er die vorderen Enden der Klingen gegen einander federnd

---

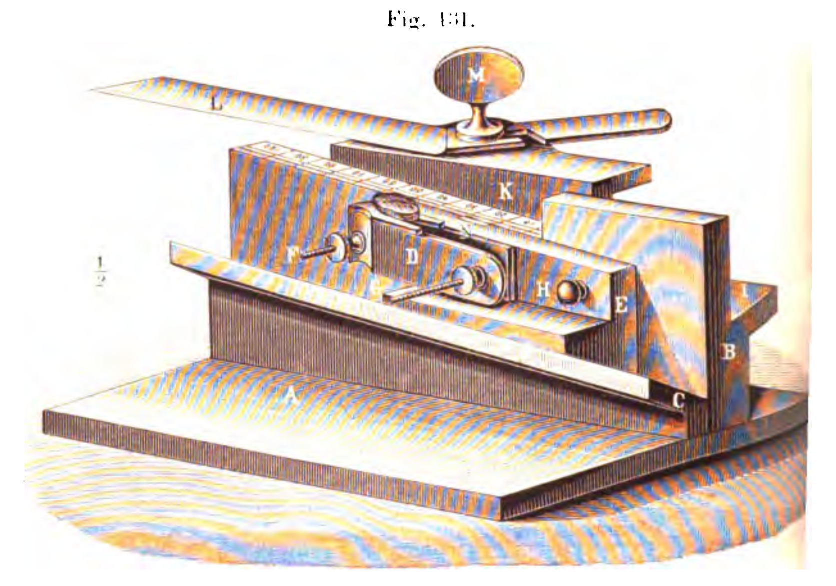
[1]) Rindfleisch. Handbuch der pathologischen Gewebelehre S. 305. 1875.
[2]) Klebs. Die Einschmelzungsmethode, Arch. für mikroskop. Anatomie Bd. 5, S. 165. 1869.
[3]) Flemming. Eine Einbettungsmethode. Ibidem Bd. 9, S. 123. 1873.
[4]) Rindfleisch. Zur Histologie der Cestoden. Ibidem Bd. 1, S. 138. 1865.
[5]) Rosenberg. Untersuchungen über die Entwickelung der Teleostier-Niere. S. 38. 1867.
[6]) Valentin. Repert. für Anatomie und Physiologie Bd. IV, S. 30. 1839.
[7]) Klebs. Beiträge zur Kenntniss der pathogenen Schistomykosen. Arch. für experiment. Patholog. Bd. IV, S. 135. 1875.

machte und zwischen den Griffen der Klingen selbst eine Feder anbracht
Auf diese Weise gelingt es weichere und härtere Objecte gleich gut z
schneiden. Bei der Anfertigung eines Schnittes fängt man mit de
untersten Theil des Messers zu schneiden an und zieht das Messer m
einem Schnitt an sich; hierauf verschiebt man den Stift *a* und spült de
an einer der Klingen haftenden Schnitt ab.

Die Construction des Doppelmessers bringt es mit sich, dass dam
nur Schnitte aus der Mitte von Objecten, die ausserdem eine gewis
Dicke haben müssen, gemacht werden können; Schnitte von Oberfläche
können mit diesen Instrumenten nicht angefertigt werden; solche ferti
man in vorzüglichster Beschaffenheit mit dem Rivet'schen Hobel an.

Der Rivet'sche Hobel, seit kurzer Zeit erst bekannt [1], hat dur
Fritsch [2], namentlich aber durch Weigert [3] nicht unerhebliche Ve
besserungen erfahren. Wir geben die Beschreibung dieses Mikrotom
nach der Modification von Weigert. Fig. 131, 1/2 nat. Gr. Es besteh

Fig. 131.



aus einer messingenen Platte *A*, auf der senkrecht eine Platte *B* befesti
ist. Die Platte *B* trägt einen Einschnitt, auf dessen oberem Rande ei
Millimetereintheilung sich befindet. Auf der linken Seite von *B* ist unt
einem Winkel von ungefähr 60° eine Leiste *C* befestigt, die genau di
selbe Steigung wie der Maassstab auf *B* hat. In dieser Schiene gleit

[1]) Brandt. Ueber ein Mikrotom. Arch. für mikroskop. Anatomie Bd. V
S. 175. 1871.

[2]) Fritsch. Ueber eine neue Modification des Rivet'schen Mikroto
Arch. f. Anatom. und Physiologie Jahrg. 1874, S. 442.

[3]) Weigert. Anatomische Beiträge zur Lehre von den Pocken S. 6. 18

ein Messingklotz *E*, der mit einem Nonius *N* versehen seitlich eine Klemme *D* trägt, welche zur Aufnahme des zu schneidenden Objectes bestimmt ist und die in dieser Function durch die beiden Schrauben *F* und *G* unterstützt wird. Um den Klotz *E* besser hin- und herschieben zu können, dient ein Knopf *H*. Auf der rechten Seite der Platte *B* ist parallel mit der Grundfläche *A* eine Rinne *I* angebracht, in der eine Platte *K* gleitet. Diese Platte trägt an ihrer oberen Fläche das mit einem Schlitz versehene Messer *L*, das durch die Schraube *M* fixirt werden kann und sich mehr oder weniger weit heraus- oder hereinschieben lässt. Es ist ein wesentliches Verdienst Weigert's, das Messer so geformt zu haben, dass Griff und Schneide des Messers einen Winkel bilden, denn so ist es am einfachsten möglich, dem Messer jegliche Stellung zu dem zu schneidenden Objecte geben zu können.

Um die zu schneidenden Gegenstände in der Klammer gut befestigen zu können, bedient man sich neben Paraffin, Glycerinleim etc. vor allem in Alkohol gut gehärteter Menschenleber. Man schneidet aus diesem Material der Klammer entsprechend geformte Stücke und legt in ihnen einen unvollkommenen Spalt an, in den das zu schneidende Object gebracht wird. Um bei zarten Objecten jede Quetschung zu vermeiden, kann man vor dem Schneiden des Objectes den über das Niveau der Klammer hervorragenden und nach dem Messer zu gelegenen Theil der Einhüllungsmasse entfernen; den anderen Theil lässt man dann als Lehne gegen die Druckwirkung des Messers stehen.

Sollen von parenchymatösen Organen möglichst ausgedehnte Schnitte angefertigt werden, so schneidet man aus den Organen etwa 2 mm dicke Scheiben aus und klebt sie auf eben geschnittene Korkstücke, die in die Klammer *D* des Hobels passen [1]), mittelst Gummi. Die aufgeklebten Stücke lässt man in Alkohol fest werden; von dem Materiale gehen nur die dem Gummi direct anliegenden Theile verloren. Ist das Object gut gehärtet und steht genügend Material zur Verfügung, so kann man aus diesem selbst passend geformte Stücke herausschneiden und direct einklemmen.

Bei der Fritsch'schen Modification des Rivet'schen Instrumentes wird das zu schneidende Object durch Umgiessen mit Stearin, Paraffin oder Wallrath in ein Metallkästchen eingebettet, das auf der ansteigenden Schiene *C* gleitet. Einschlussmasse und Object ragen natürlich über den Rand des Metallkästchens hervor.

Um einen Anhaltspunkt für die Dicke des Schnittes zu haben, dient der auf *E* angebrachte Nonius *N*. Da die Schnitte stets bei benässten Flächen gemacht werden müssen, so stellt man nach dem Vorgange Weigert's zweckmässig nahe an das Instrument eine mit Spiritus gefüllte

---

[1]) Weigert. Ueber pockenähnliche Gebilde in parenchymatösen Organen und deren Beziehung zu Bactriencolonien S. 2. 1875.

Spritzflasche, Fig. 132, $^1/_{10}$ nat. Gr., deren doppelt gebogenes Ausflussrohr *b* dicht über dem Messer zu stehen kommt. In die Flasche bläst man von seinem Sitze aus mittelst eines Kautschukschlauches, dessen Ende man zweckmässig während des Schneidens im Munde behält. Auf

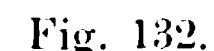


Fig. 132.



diese Weise wird die Oberfläche des Präparats und des Messers fortwährend feucht erhalten, ohne dass es nöthig ist, das Instrument, wie von Fritsch angegeben wird, in Wasser zu versenken.

Das Rivet'sche Mikrotom mit der Modification von Weigert empfiehlt sich vor allen anderen durch seine einfache Handhabung.

Die Methoden, die Zupf- und Schnittpräparate weiter zu behandeln, um über ihre Structur und physiologische Function eine wissenschaftliche Ansicht zu bekommen, lassen sich nicht im Allgemeinen besprechen, da sich dieselben nach der Natur des Objectes richten müssen. Wir verweisen deshalb auf die Werke von Exner [1]), Frey [2]) und Ranvier [3]), in denen man Näheres darüber finden wird.

5. Die Circumpolarisationsapparate.

Biot und Seebeck [4]) machten fast gleichzeitig 1815 die Entdeckung, dass vielen Lösungen organischer Stoffe das Vermögen zukommt, die Polarisationsebene des Lichtes entweder nach rechts oder nach links zu drehen. Später fand Biot [5]) das nach ihm benannte Gesetz

---

[1]) Exner. Leitfaden bei der mikroskopischen Untersuchung thierischer Gewebe 1873.

[2]) Frey. Das Mikroskop und die mikroskopische Technik 1874.

[3]) Ranvier. Traité technique d'histologie 1875.

[4]) Biot. Traité de physique T. IV. p. 542 Anmerkung 1816.

[5]) Biot. Sur l'emploi des propriétés optiques pour l'analyse quantitative des solutions qui contiennent des substances donées du pouvoir rotatoire. Compt rend. T. XV, p. 619. 1842.

dass die Drehung der Polarisationsebene, welche eine active Substanz in einem inactiven Lösungsmittel hervorbringt, der Concentration und der Dicke der angewandten Flüssigkeitsschicht proportional ist. Auf dieses Gesetz gestützt construirte man verschiedene Apparate, die mit Leichtigkeit gestatten, die Drehung der Polarisationsebene, welche eine gelöste active Substanz hervorbringt, zu ermitteln, sowie aus der beobachteten Drehung den Gehalt der Lösung an dieser Substanz abzuleiten. Diese Apparate werden Circumpolarisationsapparate genannt. Dieselben sind seit der Zeit für die Physiologie von Bedeutung geworden, als man beobachtete, dass vornehmlich die organischen Stoffe, welche Bestandtheile thierischer Gewebe und Säfte bilden, circumpolarisirend wirken. Solche Stoffe sind z. B. Eiweiss, Leim, Zucker, Peptone, Gallensäuren etc.

Von den zur Bestimmung der Circumpolarisation dienenden Apparaten beschreiben wir nur den von Soleil-Ventzke-Hoppe-Seyler und den von Wild. Der Apparat von Mitscherlich eignet sich nicht zu einigermaassen genauen Bestimmungen, weshalb wir ihn übergehen. Will man jedoch mit ihm arbeiten, so findet man Näheres darüber im chemischen Centralblatte am angeführten Orte [1]).

a. Das Polariskop von Soleil-Ventzke-Hoppe-Seyler. Dieses Instrument wurde von Soleil [2]) angegeben, von Ventzke modificirt und von Hoppe-Seyler [3]) zu leichtem praktischen Gebrauche eingerichtet. Das Instrument fand in der Industrie rasch Eingang und wird in dieser jetzt namentlich zur Bestimmung des Zuckergehaltes von Syrupen, Melassen etc. verwandt. Mit Rücksicht auf diese Anwendung nennt man es häufig Saccharimeter.

Den oberen Theil dieses Instrumentes, der auf einem Dreifuss ruht, zeigt Fig. 133, $^1/_6$ nat. Gr. (a. f. S.). Das Licht tritt bei *d* in den Apparat und trifft dort zunächst ein Nicol'sches Prisma, dann eine senkrecht zur Axe geschnittene Quarzplatte. Das Rohr *d* sammt Nicol und Quarzplatte ist durch die mit einem Zahnrad versehene Stange *CD* um seine Axe drehbar. Bei *b* befindet sich ein zweites Nicol'sches Prisma sowie die von Soleil construirte doppelte Quarzplatte. Diese Doppelplatte ist genau 3 747 mm dick und besteht aus zwei senkrecht zur Axe geschnittenen, an einander gekitteten Quarzplatten, von denen die eine rechts-, die andere linksdrehend ist.

---

1) Anleitung zum Gebrauche des Polarisationsapparates für zuckerhaltige Flüssigkeiten nach Mitscherlich. Chemisch. pharm. Centralblatt II. Bd., S. [illegible]81. 1851.

2) Soleil. Note sur un moyen de faciliter les expériences de polarisation rotatoire. Compt. rend. T. 20, p. 1805. 1845. Derselbe. Nouvel appareil proposé à la mesure de déviations dans les expériences de polarisation rotatoire. Compt. rend. T. 21, p. 426. 1845.

3) Hoppe-Seyler. Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse 1875, S. 28.

Aus der Doppelplatte tritt das Licht in eine Glasröhre, die an die Stelle zu liegen kommt, wo sich in der Figur die punktirte Linie befindet. In diese Glasröhre, die zur Abhaltung fremden Lichtes zweckmässig mit einer innen geschwärzten Hülse von Messing umgeben wird, wird

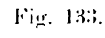
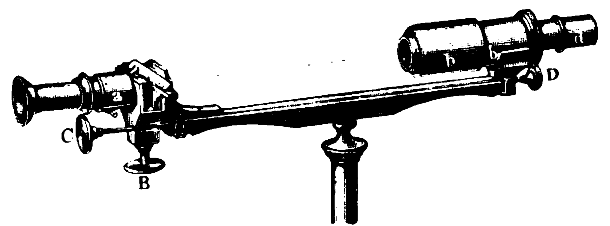


Fig. 133.



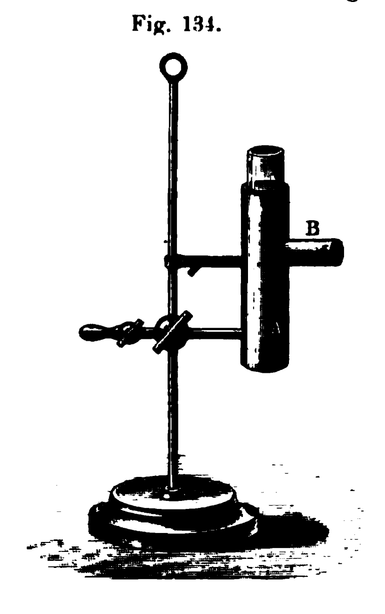
die zu untersuchende Flüssigkeit gebracht. Der Verschluss der Röhre geschieht durch runde Glasplatten, die in Kautschukfassung auf die eben geschliffenen Ränder der Röhre aufgeschraubt werden. Auf die Glasröhre folgt eine senkrecht zur Axe geschnittene, linksdrehende Quarzplatte und darauf zwei durch eine Schraube *B* seitlich horizontal verschiebbare, aber vertical stehende Quarzkeile aus rechtsdrehendem Quarz. Je nach der Stellung der Quarzkeile hat der polarisirte Lichtstrahl eine dickere oder dünnere Schicht von rechtsdrehendem Quarze zu durchwandern. Die Dicke dieser Schicht wird durch einen oberhalb der Quarzkeile befindlichen Maassstab mit Nonius gemessen. Bei *a* befindet sich das analysirende Nicol'sche Prisma und bei *b* schliesslich ein kleines holländisches Fernrohr, welches ein deutliches Sehen der doppelten Quarzplatte in der Röhre *b* ermöglicht.

Befindet sich in der Glasröhre eine circumpolarisirende Substanz in Lösung, so erscheinen die beiden Hälften der doppelten Quarzplatte von ungleicher Farbe. Damit sie gleichfarbig werden, muss man die Quarzkeile nach rechts verschieben, wenn die Flüssigkeit eine rechtsdrehende Substanz enthält, nach links, wenn in ihr eine linksdrehende gelöst ist. An der Scala und dem Nonius liest man ab, wie gross die Dicke der Quarzplatte sein musste, welche die Wirkung der gelösten entgegengesetzt drehenden Substanz aufzuheben im Stande war. Diese Vorrichtung der Quarzkeile nennt man darum in Beziehung auf ihren Zweck Compensationsvorrichtung oder schlechtweg Compensator.

Bevor man mit dem Instrumente arbeitet, muss man sich überzeugen, dass dasselbe richtig eingestellt ist. Zu dem Ende bringt man zunächst vor *d* eine hellbrennende Oel- oder Petroleumlampe oder eine Argand'sche Lampe. Ueber die Lampe, Fig. 134, $^1/_{10}$ nat. Gr., wird zweckmässig ein Cylinder *A* von Eisenblech gestülpt, der mit einem seitlichen Ansatz *B* versehen ist. Dann dreht man die Röhre *d*, Fig. 133, mittelst der Stange *CD*, bis ein Purpurviolett zum Vorschein kommt; dieses Violett, von Biot „teinte de passage“ genannt, hat die Eigenschaft, beim Hinzukommen

der geringsten additionellen oder subtractiven rotatorischen Kräfte sehr rasch in eine andere Farbe überzugehen, im einen Falle nach Blau, im andern nach Roth. Man wählt es darum vorzugsweise als Ausgangspunkt zum Einstellen des Apparates. Hierauf füllt man die Glasröhre mit destillirtem Wasser und stellt die Quarzkeile, auch Compensationsprismen genannt, so ein, dass der Nullpunkt des Nonius und der Scala zusammenfallen; ferner schiebt man das Fernrohr *c* so lange hin und her, bis die feine Halbirungslinie der doppelten Quarzplatte scharf sichtbar ist. Erscheinen die beiden Hälften derselben absolut gleichfarbig und bleiben dieselben es auch beim Drehen der Stange *CD*, so ist der Apparat richtig eingestellt. Ist dies nicht der Fall, so dreht man das Nicol'sche Prisma in *a* durch einen seitlich angebrachten Schlüssel nach der einen oder anderen Seite hin, bis die beiden Hälften der Doppelplatte gleichfarbig erscheinen. Der Nullpunkt der Scala und des Nonius muss jetzt zusammenfallen, ist dies nicht der Fall, so muss das Nicol'sche Prisma in *a* weiter gedreht werden. Diese Correction ist jedoch äusserst selten nöthig. Nach den Erfahrungen von Hoppe-Seyler hält sich der Nullpunkt Jahre lang constant.

Fig. 134.



Ist auf diese Weise der Apparat richtig eingestellt, so wird die auf ihre Circumpolarisation zu untersuchende Flüssigkeit in die Röhre unter Vermeidung einer Luftblase eingefüllt und in den Apparat eingeschaltet. Hierauf verschiebt man durch die Schraube *B* die Quarzkeile so lange bis die Farben der Hälften der Doppelplatte vollkommen gleich erscheinen. Findet man die beiden Hälften der Doppelplatte bei mehrmaliger kurzer Betrachtung gleichfarbig, so liest man an der Scala und dem Nonius die Verschiebung der Quarzkeile ab. Steht der Nullstrich des Nonius rechts vom Nullstrich der Scala, so ist die untersuchte Flüssigkeit eine rechtsdrehende, steht er links vom Nullstrich der Scala, so ist dieselbe eine linksdrehende. Wenn gar keine Verschiebung zu constatiren ist, so ist entweder in der untersuchten Flüssigkeit keine circumpolarisirende Substanz vorhanden oder es sind Substanzen in Lösung, deren Ablenkungen nach rechts oder links sich gegenseitig aufheben.

Die Scala auf der Compensationsvorrichtung giebt nach der Einrichtung von Hoppe-Seyler bei 1 dm Länge der Glasröhre den Gehalt der Flüssigkeit an Zucker oder Albumin in Grammen für 100 cbcm an. Ist z. B. die Ablesung $\pm$ 3·8, so bedeutet dies, in 100 cbcm der untersuchten Flüssigkeit sind 3·8 g Zucker oder Eiweiss gelöst. Enthält die Flüssigkeit neben Zucker Albumin, so muss dieses zuvor durch Coagulation entfernt werden. Da dem Instrumente verschieden lange Röhren beigegeben sind, so müssen bei Anwendung einer 200 mm langen Röhre die abgelesenen Scalentheile mit 2 dividirt, bei 50 mm Länge der Röhre mit 2 multiplicirt werden.

Jede Bestimmung wird mehrmals wiederholt und aus den Ablesungen das arithmetische Mittel gezogen. Nach Wild beträgt der mittlere Beobachtungsfehler $\pm$ 1·5 Scalentheile, nach Hoppe-Seyler bei guten Instrumenten jedoch höchstens nur $\pm$ 0·2 Scalentheile.

Das specifische Drehungsvermögen, gewöhnlich durch $(\alpha)_D$ für Natriumlicht bezeichnet, anderer Substanzen als Zucker und Eiweiss ermittelt man nach Hoppe-Seyler durch Benutzung der Formel

$$(\alpha)_D = \pm 56^0 \cdot \frac{\alpha}{p \,.\, l}$$

worin α die an der Scala abgelesene Drehung, p das Gewicht der circumpolarisirenden Substanz in Grammen für 100 cbcm Flüssigkeit und l die Länge der angewandten Glasröhre bezeichnet. $+ 56^0$ bedeutet die specifische Drehung des Traubenzuckers, $- 56^0$ ungefähr die des Albumins.

Aus obiger Formel ergiebt sich, dass wenn man die specifische Drehung einer circumpolarisirenden Substanz kennt, der Gehalt der Flüssigkeit an dieser Substanz ohne weiteres abgeleitet werden kann:

$$p = 56 \cdot \frac{\alpha}{(\alpha)_D \,.\, l}$$

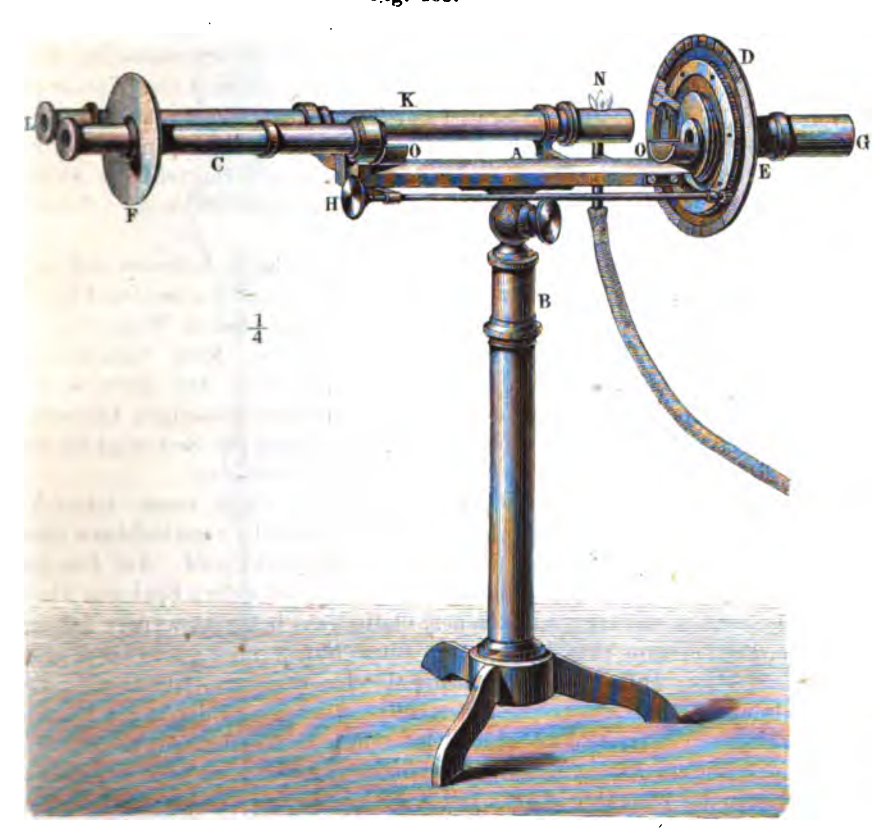
b. Das Polaristrobometer von Wild. Während bei dem vorhergehenden Instrumente die gleiche Färbung der beiden Hälften des Gesichtsfeldes den Ausgangspunkt für die Messung bildet, stellt man bei dem Wild'schen Polaristrobometer [1]) auf das Verschwinden schwarzer Interferenzstreifen auf hellem Grunde ein. Das Wild'sche Instrument gewährt deshalb bei gleicher Röhrenlänge grössere Genauigkeit; es gestattet darum auch bei gleicher Genauigkeit kürzere Röhren anzuwenden, was, wenn die zu bestimmende Flüssigkeit nicht ganz farblos ist, von erheblichem Vortheile sein kann.

Das Instrument stellt Fig. 135, 1/4 nat. Gr., dar. Auf einem in horizontaler wie verticaler Richtung beweglichen Träger A, der auf einer Messingsäule B ruht, ist am einen Ende das Polariskop C, am anderen

[1]) Wild. Ueber die neuste Gestalt meines Polaristrobometers (Saccharimeter, Diabetometer). Bulletin de l'Academ. imperiale des sciences de St. Petersbourg T. 14, p. 153. 1870.

die Kreisscheibe *D* mit dem drehbaren Nicol *E* befestigt. Das Polariskop besteht aus einem schwach vergrössernden, auf die Unendlichkeit eingestellten Fernrohr, mit Andreas' kreuzförmigem Fadenkreuz, vor dessen Objectiv die Doppelplatte aus Kalkspath angebracht ist. Vor der

Fig. 135.



Doppelplatte, die von zwei 3 mm dicken, unter 45° zur optischen Axe geschnittenen und mit ihren Hauptschnitten sich rechtwinklig kreuzenden Platten aus Kalkspath gebildet wird, ist das analysirende Nicol'sche Prisma eingeschaltet. Eine Blendscheibe *F* in der Nähe des Oculars soll das Seitenlicht vom Auge des Beobachters abhalten.

In der am Kreise *D* befestigten Hülse *E* ist das polarisirende Nicol'sche Prisma befestigt. Auf die Fassung des Nicol ist das Blendrohr *G* mit Diaphragmen von 10 mm Durchmesser angeschraubt. Die Kreisscheibe sammt Nicol lässt sich von dem geränderten Messingknopf *H* aus vermittelst eines Zahngetriebes drehen. Der Index *I* dient zur Ab-

lesung der Stellung der Kreisscheibe. Die Ablesung geschieht durch das Fernrohr *K*, dessen Ocular *L* unmittelbar neben dem Ocular des Polariskopes liegt. Die Beleuchtung der Theilung erfolgt durch einen durchbrochenen und drehbaren Metallspiegel, der am Objectivende des Fernrohres angebracht ist und durch den kleinen, an einem beweglichen Arm befindlichen Gasbrenner *N* Licht erhält.

Auf der Kreisscheibe *D* befinden sich einander gegenüberstehend zwei Theilungen in Silber; die eine uns hier nicht interessirende dient zu directen quantitativen Bestimmungen von in einem Liter Wasser gelöstem Rohrzucker, die andere ist zur Ermittelung des Drehungswinkels bestimmt, welche irgend eine gelöste Substanz hervorbringt. Letztere Theilung geht in $^1/_5{}^0$ von 0 bis 100°, so dass man vermittelst des Ablesefernrohres $^1/_{10}{}^0$ sicher beobachten und bei geringer Uebung $^1/_{50}{}^0$ leicht abschätzen kann.

Zwischen das Polariskop und die Kreisscheibe kommen auf zwei besonderen Lagern *O O* die zur Aufnahme der zu untersuchenden Flüssigkeit bestimmten Röhren zu liegen, die in der nämlichen Weise wie die des vorhergehenden Instrumentes gefüllt werden. Beim Verschliessen darf man die Glasdeckel nicht zu stark anpressen, weil dadurch eine schwache Polarisation im Glase entsteht, die ein vollständiges Auslöschen der Interferenzstreifen verhindert. Zur Abhaltung des Seitenlichtes sind die Röhren mit einer messingenen Umhüllung versehen.

Die Beleuchtung des Apparates geschieht durch einen Bunsen'schen Brenner *b*, Fig. 136, $^1/_4$ nat. Gr., auf den eine verschiebbare Hülse *f* mit zwei seitlichen Ansätzen *a* und *d* aufgesteckt wird. Auf dem Ansatz *a* ist ein messingenes Rädchen *r* drehbar, auf dessen Speichen kleine Glasröhrchen mit eingeschmolzenem Platindraht befestigt werden können. Die Platindrähte enthalten Perlen eines Natronsalzes, die durch Eintauchen der benetzten Drähte in gepulvertes Kochsalz, Glaubersalz oder Soda und nachheriges Schmelzen erhalten wurden und die in die Flamme gedreht sofort ein lebhaftes homogen gelb gefärbtes Licht erzeugen. Auf dem seitlichen Ansatz *d* ist ein Kamin *h* angelöthet, welcher ein ruhiges Brennen der Flamme sichert. Der Ausschnitt *c* des Kamins kommt genau vor das Blendrohr *G* des Instrumentes zu stehen.

Beim Gebrauche des Apparates bringt man zunächst *G* vor die Lampe, beleuchtet hierauf die Scheibe *D* durch den Brenner *N* und stellt das Fernrohr bei *F* so ein, dass man das Fadenkreuz genau sieht. Indem man nun an der Schraube *H* das eine Nicol'sche Prisma dreht, bemerkt man schwarze horizontale Interferenzstreifen das Gesichtsfeld durchsetzend, welche beim Drehen bald heller bald dunkler erscheinen. Die Streifen verschwinden, sobald die beiden Nicol'schen Prismen entweder gleiche Stellung haben oder unter 90° gegen einander gekreuzt sind. Fig. 137 zeigt die schwarzen Interferenzstreifen mit dem Andreaskreuze in der Mitte des Gesichtsfeldes, Fig. 138 zeigt ihr Verschwinden aus der Mitte des Gesichtsfeldes, wie man es durch das Fernrohr beob-

achtet. Wenn man den Nicol einmal um sich herumdreht, so verschwinden die Interferenzstreifen viermal. Die Stellung der Nicol'schen Prismen zu einander liest man an dem Index I der Kreisscheibe ab. Das

Fig. 136.

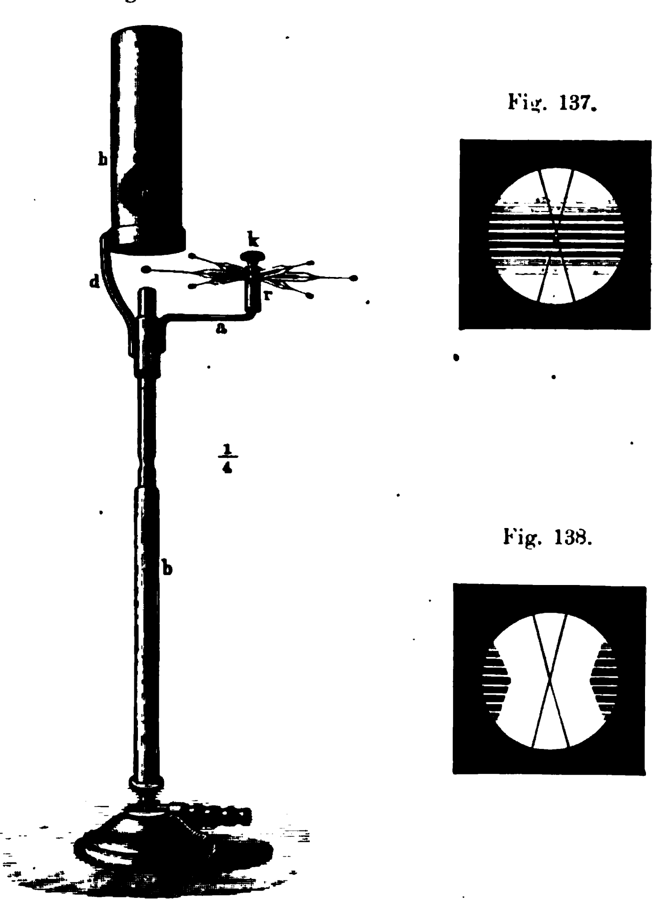


Fig. 137.

Fig. 138.

Verschwinden der Interferenzstreifen stellt das Merkmal der Einstellung dar, wie bei dem vorhergehenden Instrumente die gleiche Färbung der beiden Quarzhälften.

Will man nun untersuchen, ob eine Substanz polarisirende Eigenschaften hat, so stellt man zunächst den Apparat so ein, dass man die schwarzen Streifen mit dem Fernrohr ganz genau sieht, alsdann dreht man den ersten Nicol so weit, bis die Streifen gerade verschwinden, und liest die Stellung der Scheibe am Index ab. Hierauf schaltet man die

mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllte Röhre ein. Treten die Interferenzstreifen wieder auf, so enthält die Flüssigkeit eine polarisirende Substanz. Man dreht nun den ersten Nicol in der entgegengesetzten Richtung, in der die Polarisationsebene durch die Substanz gedreht wurde, bis die Streifen wieder verschwinden und liest abermals ab. Die Differenz zwischen beiden Ablesungen giebt den Drehungswinkel der untersuchten Flüssigkeit an. Die gelöste Substanz ist eine rechtsdrehende, wenn man bei gefüllter Röhre die Kreisscheibe nach wachsenden Zahlen drehen musste, um Verschwinden der Interferenzstreifen zu bewirken; die Substanz ist eine linksdrehende, wenn die Drehung nach der entgegengesetzten Seite erfolgte.

Um nun die specifische Drehung eines Körpers zu ermitteln, darf nur dieser circumpolarisirende Körper in der Lösung sein, weiter muss man den Gehalt der Lösung an diesem Körper kennen, sowie die Länge der Röhre, in welcher die Flüssigkeit untersucht wurde. Bezeichnet man mit α die bei Natriumlicht beobachtete Drehung, mit p den Gehalt eines Cubikcentimeters der Lösung an circumpolarisirender Substanz und mit l die Länge des Beobachtungsrohres in dm, so findet man die specifische Drehung des Körpers für gelbes Licht nach der Formel

$$(\alpha)_D = \pm \frac{\alpha}{p \,.\, l}$$

Ist z. B. die beobachtete Drehung $= + 12$, der Procentgehalt der Lösung an circumpolarisirender Substanz $= 7{\cdot}8$, die Länge der Röhre $= 200$ mm, so ist die specifische Drehung

$$(\alpha)_D = \frac{12}{0{\cdot}078 \,.\, 2} = 76$$

Aus dieser Formel lässt sich auch die Menge einer in Lösung befindlichen circumpolarisirenden Substanz ableiten, wenn man seine specifische Drehung kennt. Es ergiebt sich aus obiger Gleichung

$$p = \frac{\alpha}{(\alpha)_D\, l}$$

Ueber die Genauigkeit der beiden Circumpolarisationsapparate hat Landolt [1]) vergleichende Bestimmungen angestellt, aus denen hervorgeht, dass das Wild'sche Instrument grössere Genauigkeit gewährt als das Soleil-Ventzke'sche.

6. Der Spectralapparat.

Die Anwendung des Spectralapparates bei physiologischen Untersuchungen ist eine mannigfache, wie die Versuche von Folwarczny [2]),

[1]) Landolt. Ueber die Analyse der Rohzucker und Syrupe. Journ. für prakt. Chem. Bd. 103, S. 14. 1868.

[2]) Folwarczny. Ueber das Vorkommen von Lithion im Fleische und

Hoppe-Seyler [1]), der das Blutspectrum entdeckte, und anderen darthun.

Jeder Spectralapparat besteht aus drei wesentlichen Theilen, nämlich einem Rohr mit einem engen Spalt, durch welchen das Licht in das Rohr eintritt, einem starken brechenden Prisma, durch welches das Licht in sein Spectrum zerlegt wird, und einem Fernrohr, welches das Spectrum etwa sechs- bis achtmal vergrössert. Bringt man vor den engen Spalt des Spectralapparates eine Lichtquelle, welche Strahlen von allen Wellenlängen enthält, so erhält man durch das Prisma ein continuirliches Spectrum, enthält dagegen die Lichtquelle nur Strahlen von bestimmter Wellenlänge, so wird durch das Prisma ein discontinuirliches Spectrum erzeugt. Eine Petroleumlampe oder eine leuchtende Gasflamme liefert z. B. ein continuirliches Spectrum, eine nicht leuchtende Gasflamme, welche durch darin verdampfende Metalle leuchtend gemacht wird, liefert ein discontinuirliches Spectrum. Die Höhe des Spectrums ist gleich der Länge der Spaltöffnung, seine Länge richtet sich nach dem brechenden Winkel und der Substanz des Prismas. Prismen von schwerem Flintglase und 60° brechendem Winkel liefern sehr schöne Spectra.

Betrachtet man das Spectrum, das durch Sonnenlicht hervorgebracht wird, genauer, so findet man, dass dasselbe von mehr oder weniger deutlichen Streifen und Linien, senkrecht zu seiner Längsausdehnung, durchsetzt ist. Diese Linien werden die Frauenhofer'schen Linien genannt, weil Frauenhofer [2]) sich zuerst mit diesen Linien eingehend beschäftigte, wenn sie auch Wollaston [3]) zuerst sah. Die Frauenhofer'schen Linien finden sich in allen Theilen des Spectrums und unterscheiden sich bedeutend durch ihre Stärke, einige sind haarfein, andere erscheinen als breite schwarze Bänder. Um sich nun im Spectrum leicht orientiren zu können, wählte Frauenhofer acht sich durch ihre Stärke auszeichnende Linien aus und bezeichnete sie vom Rothen zum Violetten hin mit *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*. Diese Streifen stellt Fig. 139 (a.f.S.) in ihrer relativen Lage dar. *A* und *B* liegen im rothen Theil des Spectrums, *C* gegen den orangen hin; *D* liegt im gelben Theil, *E* im grünen, *F* liegt am Uebergange von Grün in Blau, *G* liegt im Indigoblau; *H* im Violett. Nimmt man die ganze Breite des Spectrums als Einheit an, so entfallen von dieser auf

---

Blute. Zeitschr. d. kaiserl. Gesellsch. d. Aerzte zu Wien, XVI. Jahrg., S. 782. 1860.

[1]) Hoppe. Ueber das Verhalten des Blutfarbstoffes im Spectrum des Sonnenlichtes. Virchow's Archiv Bd. 23, S. 446. 1862.

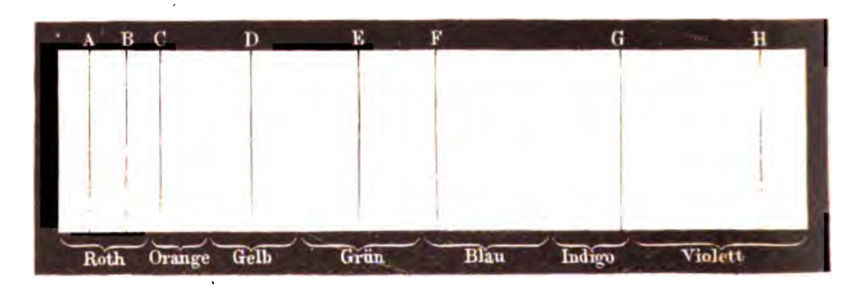
[2]) Frauenhofer. Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungsvermögens verschiedener Glasarten. Denkschriften der königl. Akademie der Wissensch. zu München für die Jahre 1814 und 1815. Bd. 5, S. 202. 1817.

[3]) Wollaston. A method of examining refractive and dispersive powers by prismatic reflection. Philosoph. Transact. P. II, p. 380. 1802.

Roth	0·12	Theile
Orange	0·07	„
Gelb	0·13	„
Grün	0·17	„
Blau	0·17	„
Indigoblau	0·11	„
Violett	0·23	„

Nach den Beobachtungen von Kirchhoff und Hofmann [1]) liegen im Sonnenspectrum zwischen *A* und *G* mehr als 2000 Linien.

Fig. 139.



Wir geben anbei die Beschreibung eines Spectroskopes oder Spectralapparates, dessen handliche Construction wir Kirchhoff und Bunsen [2]) verdanken. Dieser Apparat, von Steinheil in München gefertigt, erlaubt die Spectren zweier Lichtquellen auf das Schärfste mit einander zu vergleichen und zeigt gleichzeitig mit den Spectren eine leicht übersichtliche mit Ziffern versehene Scala.

Auf das obere Ende des gusseisernen Fusses *A*, Fig. 140, $^1/_8$ nat. Gr., ist eine Messingplatte geschraubt, die das Flintglasprisma *B* von 60° brechendem Winkel und das Rohr *G* trägt. *G* ist bei *D* durch eine Sammellinse, bei *E* durch eine mit einem verticalen Spalt versehene Platte verschlossen. Die Sammellinse dient, um die Strahlen des durch den Spalt eintretenden Lichtes parallel auf das Prisma *B* zu werfen. An dem Fusse *A* sind weiter zwei Röhren *F* und *C*, um *A* drehbar, befestigt. *F* ist ein Fernrohr von achtfacher Vergrösserung, durch dessen Drehung jeder beliebige Theil des Spectrums in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht werden kann. *C* ist eine Röhre, in deren dem Prisma zugekehrten Ende sich eine Sammellinse befindet, in dem anderen ist

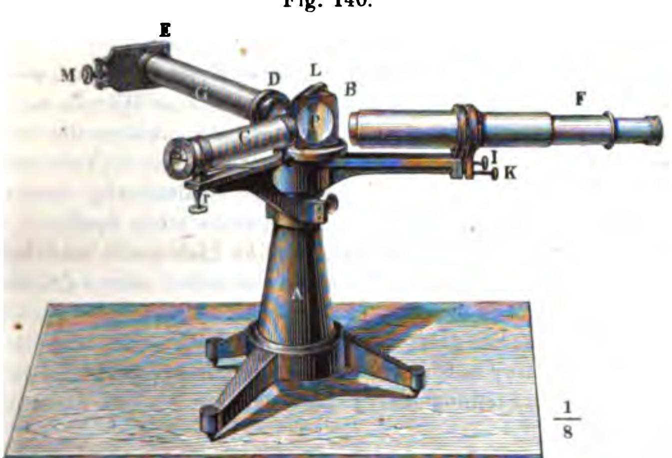
---

[1]) Kirchhoff. Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente. Abhandl. der königl. Akad. der Wissensch. zu Berlin aus dem Jahre 1861. S. 63. 1862.

[2]) Kirchhoff und Bunsen. Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen. Poggendorff's Annal. Bd. 113, S. 374. 1861.

eine Scala S angebracht, die durch Reflexion an der vorderen Prismenfläche sich dem durch das Fernrohr blickenden Beobachter zeigt. Diese Scala ist eine photographische Abbildung eines ungefähr fünfzehnmal

Fig. 140.



verkleinerten Millimetermaassstabes auf einer Glasplatte, die mit Stanniol so weit überklebt ist, dass nur die Scala sichtbar bleibt.

Die Einstellung des Apparates geschieht in folgender Weise. Man löst die Schrauben I und K, schraubt das Fernrohr F ab und stellt es ausserhalb des Apparates so ein, dass man einen weit entfernten Gegenstand deutlich sieht. Hierauf bringt man das eingestellte Fernrohr in die alte Lage zurück, nimmt das Prisma weg und richtet die Axe von F mit der Axe von G gleich. Dann zieht man die mit dem Spalt versehene Platte soweit aus, dass die Ränder des Spaltes durch das Fernrohr scharf gesehen werden. Nun wird das Prisma in seine auf dem Messingtischchen bezeichnete Stellung gebracht und durch die Feder L fixirt. Bringt man alsdann vor den Spalt eine Lichtquelle, z. B. eine Kerzenflamme, so sieht man das Spectrum dieser in der unteren Hälfte des Fernrohres F, wenn man dieses in einem geeigneten Winkel um die Axe des Fusses A gedreht hat. Hat man dem Fernrohr diese Stellung gegeben, so befestigt man das Rohr C an seinem Träger; dreht man dasselbe nun um einen passenden Winkel um die Axe des Fusses A und lässt man auf die Scala S Licht fallen, so erblickt man in dem Fernrohre F das Spiegelbild dieser Scala, das von der vorderen Fläche des Prismas B herrührt. Dieses Spiegelbild bringt man zur vollkommenen Deutlichkeit, indem man die Scala in der Richtung des Rohres C ein- oder ausschiebt; durch geeignetes Drehen der Scala macht man ihre Theilstriche parallel der Grenzlinie des Spectrums.

Die Beleuchtung der Scala wird am zweckmässigsten durch eine leuchtende Flamme bewirkt, die vor dieselbe gesetzt wird. Will man das Licht dämpfen, so bringt man unmittelbar vor die Scala ein Stückchen Seidenpapier. Durch Verschieben der Flamme sucht man nun diejenige Helligkeit der Scala zu erhalten, die für die Lichtstärke des zu beobachtenden Spectrums die geeigneste ist.

Die spaltförmige Oeffnung der Platte *E*, die durch zwei scharfkantige Stahlplatten gebildet wird, kann durch eine Mikrometerschraube nach Belieben enger oder weiter gemacht werden, wie es die Stärke der Lichtquelle erheischt. Da Gravesande [1]) bei seinen Versuchen über Beugung des Lichtes zuerst eine derartige Spaltöffnung benutzte, so nennt man die Oeffnung auch den Gravesande'schen Spalt.

Bringt man vor die Spaltöffnung *E* eine Lichtquelle und beleuchtet man zugleich die Seala *S*, so erscheinen die hellen oder dunklen Linien des Spectrums zugleich mit den Theilstrichen der Scala im Gesichtsfelde. Wenn man nun die Lage der Linien an der Scala bestimmt und alsdann die Lage der Frauenhofer'schen Linien im Sonnenspectrum, so ergiebt der Vergleich die Stellung der Linien der künstlichen Lichtquelle im Sonnenspectrum.

Um die Lage der Linien in den Spectren zweier Lichtquellen direct mit einander vergleichen zu können brachten Kirchhoff und Bunsen an den unteren Theil des Spaltes *mn*, Fig. 141, ½ nat. Gr., ein gleichseitiges Prisma *ab*. Das Prisma hat den Zweck, durch totale Reflexion die Strahlen einer seitlich aufgestellten Lichtquelle durch den Spalt zu senden, während die Strahlen der vor dem Spalte aufgestellten Lichtquelle frei durch die obere Hälfte desselben treten. Ein kleiner Schirm über dem Prisma hält die Strahlen, die die seitliche Lichtquelle entsendet, von der oberen Hälfte des Spaltes ab. Auf diese Weise erblickt der Beobachter die Spectren zweier Lichtquellen unmittelbar übereinander, und kann direct die Uebereinstimmung und Verschiedenheit ihrer Linien erkennen.

Fig. 141.



Um fremdes Licht abzuhalten, bedeckt man das Prisma *B* und die Mündungen der Röhren *C*, *F* und *G* mit einem geschwärzten Kästchen von Pappendeckel oder einem schwarzen Tuche.

Der Spectralapparat findet bei physiologischen Untersuchungen in der Analyse von Aschen thierischer Substanzen und in der Prüfung des optischen Verhaltens gelöster Farbstoffe Anwendung.

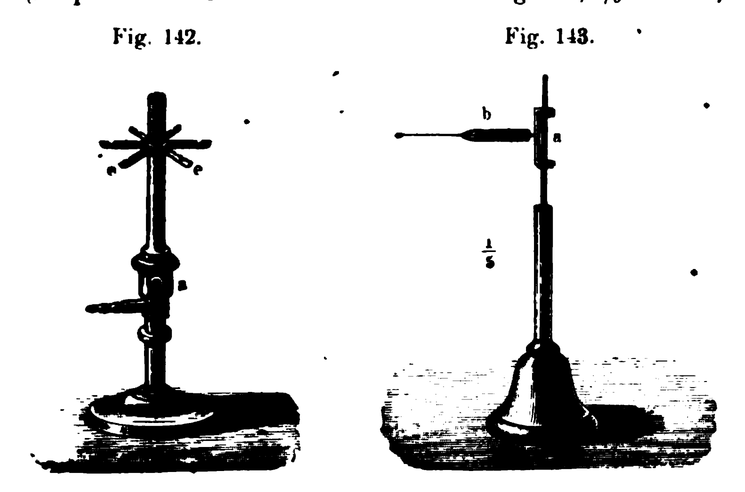
Die Untersuchung der Aschen vor dem Spectralapparate ist äusserst

[1]) Gravesande. Physices elementa mathematica p. 17. 1721.

infach. Ein Platindraht wird an einem Ende zu einer Oese umgebogen, lie Oese wird mit destillirtem Wasser befeuchtet und in die zu unteruchende Asche gesteckt. Die am Platindrahte haftenden Theilchen weren in der Oese zu einer Perle geschmolzen. Die Perle wird alsdann n den Schmelzraum eines Bunsen'schen Brenners gebracht, der einige 'entimeter vor dem Spalte des Spectralapparates aufgestellt wird. Die uftretenden Linien beobachtet man durch das Fernrohr und bestimmt hre Lage an der Scala; hierauf lässt man Sonnenlicht in den Apparat reten und bestimmt die Lage der Frauenhofer'schen Linien gleichalls an der Scala. Der Vergleich beider Ablesungen ergiebt die Lage er beobachteten Linien im Sonnenspectrum.

Sehr geeignet zu derartigen Versuchen sind die Bunsen'schen Brenner[1]) in der Form Fig. 142, $^1/_5$ nat. Gr. *a* ist eine drehbare Hülse ur Regulirung des Luftzutrittes, auf die Träger *ee* wird ein Schornstein ufgesetzt. Um den Platindraht bequem an einem Stative befestigen zu onnen, schmilzt man ein Ende in ein Glasröhrchen ein. Als zweckässig empfiehlt sich ein Halter von der Form Fig. 143, $^1/_5$ nat. Gr., auf

Fig. 142. Fig. 143.



sen an der Stange *a* verstellbaren seitlichen Arm *b* die Glasröhre mit m Platindrahte geschoben wird.

Die Untersuchung von flüssigen Farbstoffen vor dem Spectralappate geschieht in planparallelen Fläschchen oder Glaskästchen, welche cht vor den Spalt gesetzt werden, so dass die einfallenden Strahlen nkrecht durch die Flüssigkeit gehen müssen, bevor sie in den Apparat ntreten. Als geeignete Gefässe benutzt man entweder gewöhnliche

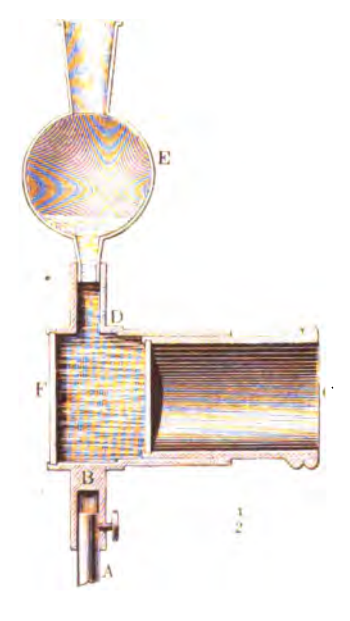
---

[1]) Bunsen. Löthrohrversuche. Annal. der Chem. u. Pharmac. Bd. 111, . 7. 1859.

planparallele Fläschchen oder die von **Hoppe-Seyler**[1] angegebenen Hämatinometer. Die Hämatinometer, Fig. 144, $\frac{1}{5}$ nat. Gr., sind planparallele Glaskästchen, deren vordere Flächen durch einen metallenen Rahmen mittelst zweier Haken gegen die abgeschliffenen und mit Talg beschmierten Ränder eines U förmigen, genau 1 cm breiten, aus einer viereckigen Flasche ausgeschnittenen Glasplattenstückes gepresst werden.

Um schnell diejenige Dichte der Flüssigkeitsschicht aufzufinden, welche eine Absorptionserscheinung am schönsten zeigt, construirte **Hermann**[2] eine Vorrichtung, die er Hämatoskop oder Hämoskop zu nennen vorschlägt. Dieselbe zeigt Fig. 145, $\frac{1}{2}$ nat. Gr. im Durchschnitt.


Fig. 145. Fig. 144.





Auf einer 7·5 mm dicken eisernen Säul *A*, die in einem Röhrenfusse auf- un abbewegt werden kann, ist eine Röhr *B* befestigt, die auf einer Seite durc eine ebene Glasplatte *F* verschlossen auf der anderen Seite aber offen is In dieser Röhre kann eine ander ebenso construirte Röhre *C* wasserdicht hin- und hergeschoben werde Die Röhre *C* ist innen geschwärzt; aussen ist eine Millimeterscala ang bracht, die den Abstand der beiden Glasplatten abzulesen gestattet. Da äussere Rohr *B* hat bei *D* einen Fortsatz, in welchen das gläserne Gefä *E* eingekittet ist. In dieses giesst man die zu untersuchende Flüssigkei die beim Zusammenschieben der Glasplatten in diesen Raum entweiche kann. Indem man nun die Röhre *C* in *B* heraus- oder hineinschiebt, h

[1] **Hoppe-Seyler**. Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse. S. 385. 1875.

[2] **Hermann**. Notizen für Vorlesungs- und andere Versuche. **Pflüger** Archiv Bd. 4, S. 209. 1871.

nan es beliebig in der Hand, eine dünnere oder dickere Schicht vor den Spalt des Spectralapparates zu bringen.

Als Lichtquelle benutzt man zu derartigen Versuchen, da Sonnenicht nicht immer zur Verfügung steht, eine hellbrennende Oel- oder Petroleumlampe oder eine Argand'sche Lampe, die man mit einem Schirme versieht, wie S. 145 angegeben.

III. Von einigen elektrischen Apparaten.

Von den vielen elektrischen Apparaten, die bei physiologischen Untersuchungen ihre Verwerthung finden, sind es nur wenige, deren ebrauch ein allgemeiner ist. Nur die galvanischen Elemente und die nductionsapparate nebst einigen Hülfsvorrichtungen finden allgemeine Anwendung.

1. Die galvanischen Elemente.

Bei physiologischen Untersuchungen werden nur constante Elemente nit ein oder zwei Flüssigkeiten in Anwendung gezogen. Vorzugsweise ind die Elemente von Daniell, Siemens, Meidinger, Rollett, Grove, Bunsen und Leclanché in Gebrauch, sei es, dass man mehrere Elemente leicher Art zu einer Batterie verbindet, sei es, dass man sie einzeln um Betriebe von Inductionsapparaten benutzt.

a. **Das Daniell'sche Element** [1]) ist das älteste der constanten lemente. Es bestand in seiner ursprünglichen Gestalt, Fig. 146 (a. f. S.), ; nat. Gr., aus einem Kupfercylinder *AB*, der am Boden eine Oeffnung atte. In der Oeffnung steckte ein durchbohrter Kork *ab*, auf den eine hsengurgel fest aufgebunden war. Oben war die Ochsengurgel an ein eb *I* befestigt, das in den Kupfercylinder eingehängt wurde.

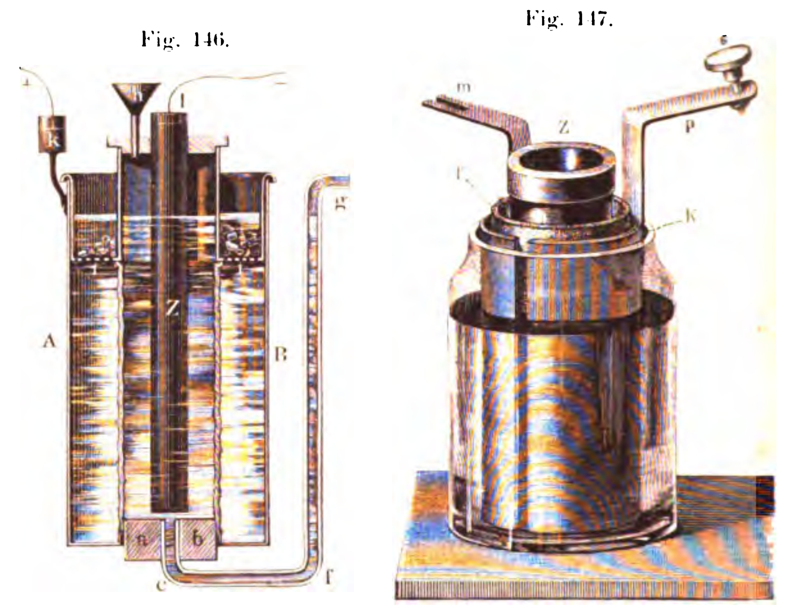
In der Durchbohrung des Korkes *ab* befand sich eine mehrfach rechtinklig gebogene Röhre *cfg*. Der Kupfercylinder war mit concentrirter upfervitriollösung gefüllt und wurde durch gestossene Kupfervitriolrystalle, welche auf das Sieb *ii* gelegt wurden, stets concentrirt erhalten. n die Ochsengurgel wurde verdünnte Schwefelsäure gegossen und ein malgamirter Zinkcylinder *Z* eingetaucht, der an dem hölzernen Deckel es Siebes *i* befestigt war. In dem Deckel war ausserdem ein Trichter *h* ngebracht, durch den, um das gebildete Zinksalz zu entfernen, fortährend frische Säure in abgepasster Menge zufloss, während die durch ie Auflösung des Zinks schwerer gewordene Säure in demselben Maasse

[1]) Daniell. On Voltaic combinations. Philosoph. Transact. P. I, p. 117. 36. Auch Volta'sche Combinationen Poggendorff's Annal. Bd. 42, . 272. 1837.

durch den Heber *efg* zum Abfluss gebracht wurde. In die Quecksilber-näpfchen *k* und *l* wurden die Leitungsdrähte eingelegt.

Aus dieser ursprünglichen Form entwickelte sich bald die jetzt gebräuchliche, Fig. 147, $^1/_3$ nat. Gr. In einem Glasgefässe steht ein

Fig. 146. Fig. 147.



unten und oben offener Kupfercylinder *K*, der aus Kupferblech gebilde ist, in diesem eine Thonzelle *T* und in dieser ein amalgamirter Zink cylinder *Z*. Das Glasgefäss wird mit concentrirter Kupfervitriollösun gefüllt, die Thonzelle mit verdünnter Schwefelsäure. An den Kupfer und Zinkcylinder sind Blechstreifen angelöthet, vermittelst deren di Verbindung der Elemente mit einander stattfindet. Der an dem Kupfer cylinder angelöthete Blechstreifen *p* trägt eine Schraube *s*, der an der Zinkcylinder angelöthete einen Schlitz *m*. Der Kupferstreifen *m* wir mit dem Streifen *p* des nächsten Elementes durch Anziehen der Schraub *s* verbunden.

Statt der Blechstreifen sind häufig an die Kupfer- und Zinkcylinde einfach Drähte angelöthet; die Verbindung geschieht dann durch Klemm schrauben; oder Kupfer- und Zinkcylinder zweier Elemente sind durc passend lange Kupferblechstreifen behufs rascherer Zusammensetzun einer Batterie direct mit einander durch Löthung verbunden.

Der Kupfercylinder besteht aus gewalztem Kupferblech, das kreis förmig gebogen wird. Der Zinkcylinder ist entweder hohl oder massiv oder, wie Place [1]) zuerst angab, massiv kreuzförmig. Derselbe muss gu

[1]) Place. Ueber die Ursache des Kupferniederschlages auf die Thonzell

amalgamirt sein und in der Thonzelle senkrecht stehen. Da das im Handel vorkommende und zu galvanischen Batterien benutzte Zink stets mehr oder minder mit Blei, Eisen, Mangan, Cadmium etc. verunreinigt ist, so ereignet es sich, dass beim Auflösen des Zinks in der Schwefelsäure diese Stoffe als in Schwefelsäure unlöslich sich abscheiden. Dieselben bekleiden bald in loser Schicht den Zinkcylinder und bilden den sogenannten Zinkschlamm. Hat sich der Zinkschlamm reichlicher angehäuft, so sinkt er zu Boden, kommt derselbe aber zufällig, z. B. durch schräge Stellung des Zinkcylinders, mit der Thonzelle in Berührung, so bleibt er dort hängen. Tritt dies ein, so bilden an dieser Stelle oben genannte Stoffe ein kleines Daniell'sches Element und Kupfer schlägt sich an der Wand und im Innern der Thonzelle nieder, wodurch der Thoncylinder bald unbrauchbar wird. Um das Anhaften des Zinkschlammes an der Thonzelle zu vermeiden, erwärmt Place jede neue Thonzelle vor ihrem Gebrauche etwas über der Lampe, schmilzt dann darin 1 g Wachs und breitet dieses durch passendes Neigen und Schwenken über den Boden und etwa 5 mm hoch an den Wänden aus.

Die Thonzelle muss dünn und locker gebrannt sein und wird nach dem jedesmaligen Gebrauch in Wasser gesetzt. Um das Eindringen des Kupfersalzes in die Poren der Thonzelle zu verzögern, ist es gut, die Thonzellen einige Stunden vor dem Gebrauche mit der Schwefelsäure zu füllen.

Die Schwefelsäure, die man zur Füllung der Thonzelle benutzt, verdünnt man am besten mit Wasser im Verhältniss wie 1:16, obgleich Daniell[1]) eine solche im Verhältniss von 1:8 angiebt.

Um die Kupfervitriollösung stets concentrirt zu erhalten, legt man in dieselbe einige Krystalle oder hängt in dieselbe ein mit gestossenem Kupfervitriol gefülltes Florbeutelchen, oder schichtet zwischen der Glasrand und dem Kupfercylinder gestossenen Kupfervitriol auf. Bei letzterem Verfahren muss der Kupfercylinder mit Löchern versehen sein.

Der Strom geht im Elemente vom Zink durch die Thonzelle zum Kupfer. Am Zink wird Sauerstoff frei, der das Zink oxydirt, das als Zinksulphat in Lösung übergeht. Am Kupfer scheidet sich Wasserstoff aus, der das Kupferoxyd reducirt und mit dem Sauerstoff desselben Wasser bildet; das Kupfer schlägt sich an der Wand des Kupfercylinders metallisch nieder.

Das Daniell'sche Element wurde von Buff, Siemens, Meidinger, Rollett etc. abgeändert. Die Abänderungen haben den Zweck, die Mischung der Flüssigkeiten des Elementes möglichst zu verlangsamen.

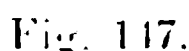
---

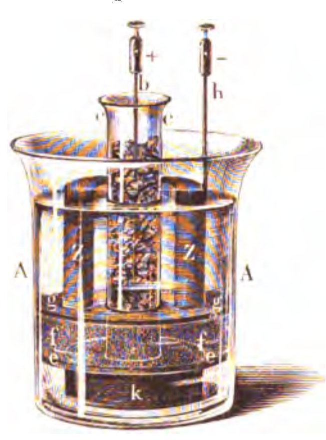
der Daniell'schen Kette, und über dessen Verhütung. Poggendorff's Annal. Bd. 100, S. 594, Anmerkung. 1857.

[1]) Daniell. Fifth letter on Voltaic combinations, with some account of the effects of a large constant battery. Philosoph. Transact. P. I, p. 89. 1839. ...ch Wirkungen einer grossen constanten Batterie. Poggendorff's Annal. Bd. 60. S. 379. 1843.

Buff[1]) und Siemens suchten dies durch Abänderung des Diaphragmas zu erreichen, Meidinger und Rollett durch Benutzung des verschiedenen specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten.

b. **Das Siemens'sche Element** [2]) zeigt Fig. 147, $^1/_3$ nat. Gr. In ein Glasgefäss A wird ein in mehreren Schneckenwindungen gebogener oder als Malteserkreuz geformter senkrecht stehender Kupferstreifen k gelegt, der mit dem Leitungsdrahte b versehen ist. Auf diesem Kupferstreifen steht ein unten etwas erweitertes Rohr cc, auf welches eine dünne Pappscheibe e geschoben ist. Auf diese Scheibe kommt das Diaphragma f zu liegen, das aus Papiermasse durch Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure bereitet ist. Zur Bereitung dieses Diaphragmas wird die aus der Papierfabrik bezogene Papiermasse gut ausgepresst, mit $^1/_4$ ihres Gewichtes concentrirter Schwefelsäure übergosssen und so lange umgerührt, bis die ganze Masse eine homogene klebrige Structur angenommen hat. Darauf wird sie mit etwa der vierfachen Menge Wassers bearbeitet, in einer Presse unter starkem Druck von dem überflüssigen sauren Wasser befreit und zu ringförmigen Scheiben geformt, welche den Zwischenraum zwischen den Glaswänden ausfüllen. Diese Masse hat die Eigenschaft, die Vermischung der beiden Flüssigkeiten der Säule vollständig zu hindern. Auf das Diaphragma kommt ein mit einem Leitungsdraht h versehener Zinkcylinder Z, der in der Figur nur zur Hälfte gezeichnet ist.


Fig. 147.



Beim Gebrauche wird der Cylinder c mit Kupfervitriolkrystallen gefüllt, darauf Wasser eingegossen und ebenso der ringförmige Zwischenraum mit Wasser gefüllt, dem bei der ersten Füllung etwas Säure oder Kochsalz zugesetzt wird. Man hat später nur darauf zu achten, dass der innere Glascylinder immer mit Kupfervitriolkrystallen gefüllt bleibt und das Wasser im äusseren Gefässe von Zeit zu Zeit erneuert wird. Die zur Bildung des Zinksulphates nöthige Schwefelsäure wird durch den Strom selbst durch das Diaphragma transportirt und somit gleichzeitig die aus dem zersetzten Kupfervitriol frei werdende Schwefelsäure entfernt. Man thut gut, die Batterie alle 14 Tage auseinander zu nehmen die Zinkcylinder vollständig zu reinigen, die Flüssigkeit beim Zink

[1]) Buff. Ueber das elektrolytische Gesetz. Annal. der Chem. u. Pharmac. Bd. 85, S. 4, 1853.

[2]) Meidinger. Ueber eine völlig constante Batterie. Poggendorff's Annal. Bd. 108, S. 608, 1859.

cylinder abzugiessen und durch reines Wasser zu ersetzen. Ist der benutzte Kupfervitriol sehr eisenhaltig, so entfernt man auch die unter dem Diaphragma befindliche Kupferlösung. Die Zinkringe dürfen nicht verquickt werden. Um die im Zink enthaltenen fremden Metalle, welche ungelöst bleiben, von der Papiermasse getrennt zu halten, bedeckt man dieselbe mit einem Ringe *g* von irgend einem lockeren Gewebe, welcher beim Reinigen der Batterie durch einen neuen ersetzt wird.

c. **Das Meidinger'sche Element** [1]). An den Boden eines Glasgefässes *A*, Fig. 149, $^1/_5$ nat. Gr., das sich bei *b* ein wenig erweitert, um den Zinkcylinder *Z* aufzunehmen, ist ein kleines Glasgefäss *d*, dessen innere Wandung ein Kupferblech *e* bedeckt, angekittet. Das Gefäss *A* ist durch einen doppelt durchbohrten Korkdeckel verschlossen. In die mittlere Durchbohrung kommt eine Glasröhre *h* zu hängen, die am Boden mit einer etwa linienweiten Oeffnung versehen ist; aus der seitlichen Durchbohrung ragt eine Glasröhre *g* hervor, die einen Leitungsdrath enthält, der an das Kupferblech *e* angenietet ist. An den Zinkcylinder *Z* ist ein schmales Kupferblech *c* gelöthet, das zur Aufnahme des Leitungsdrahtes in einer Hülse *k* endet.

Fig. 149.

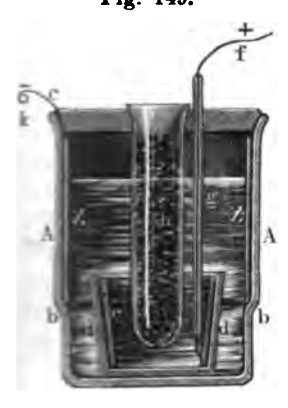
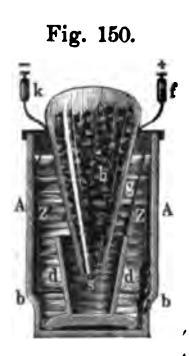


Fig. 150.



Um das Element in Thätigkeit zu setzen, senkt man die Glasröhre *h* in das Gefäss *A* ein und füllt es mit einer 10- bis 14 proc. wässerigen Lösung von Magnesiumsulphat bis nahe an den oberen Rand des Zinkcylinders. Hierauf bringt man in die Röhre *h* Kupfervitriolkrystalle. Diese bilden alsbald in der Röhre eine concentrirte Lösung, welche als schwerere Flüssigkeit durch die kleine Oeffnung nach unten sinkt und sich in dem Becherglas *d* ansammelt, in dem das Kupferblech *e* sich befindet.

Bei den Meidinger'schen Elementen neuerer Construction hat das Gefäss, welches die Kupfervitriolkrystalle enthält, Ballonform. Dieser Ballon *h*, Fig. 150, $^1/_6$ nat. Gr., wird zunächst mit Kupfervitriolkrystallen, dann mit Wasser vollständig gefüllt; hierauf steckt man in die Mündung einen Pfropfen *s*, der am Rande mit kleinen Einkerbungen versehen ist und hängt den Ballon durch eine Oeffnung des Deckels in das mit Magnesiumsulphat gefüllte Gefäss *A*, ohne dass das Wasser ausläuft. Statt,

---

[1]) **Meidinger.** Ueber eine völlig constante Batterie. **Poggendorff's** Annal. Bd. 108, S. 602. 1859.

des Kupferbleches in dem auf dem Boden angekitteten Glase kann auch ein Bleicylinder *d* dienen, an welchen der mit Kautschuk überzogene Leitungsdraht *g* angenietet ist. *Z* ist das Zinkblech, *f* und *k* sind Klemmschrauben.

Ein Meidinger'sches Element lässt sich übrigens nach Rollett[1]) aus den Mitteln, die in jedem Laboratorium disponibel sind, jeder Zeit in folgender Weise zusammensetzen. Man stellt auf den Boden eines gewöhnlichen starkwandigen Becherglases ein kleines Glasgefäss, bedeckt dasselbe mit einem Uhrschälchen und füllt den Raum zwischen beiden Gläsern bis zum Rande des inneren Glases mit grob zerstossenem Glase an. Hierauf entfernt man das Uhrschälchen und bringt in das innere durch das Glaspulver in seiner Lage befestigte Glasgefäss einen Streifen Kupferblech; auf das Glaspulver aber stellt man einen aus dickem Blech gebogenen Zinkcylinder. Das Element wird mit einem Holzdeckel verschlossen, der mit drei Löchern versehen ist. Durch das mittlere, ungefähr 2 dm weite Loch wird eine langhalsige mit Kupfervitriolkrystallen gefüllte Flasche umgekehrt gesteckt, durch die beiden kleineren treten die Leitungsdrähte nach aussen. Nachdem Becherglas und Flasche mit Magnesiumsulphat gefüllt sind, wird der Deckel mit der Flasche mit den Kupfervitriolkrystallen auf das Becherglas aufgesetzt. Die Mündung der Flasche reicht dann unter den Rand des inneren Glases. Um die Verdunstung zu verhindern, wird der Deckel auf das Becherglas mit Glaserkitt aufgekittet.

Die Meidinger'schen Elemente sind überall da anzuwenden, wo ein Strom längere Zeit angewandt werden muss; dieselben besitzen jedoch einen sehr grossen inneren Widerstand. Rollett construirte deshalb ein Element, das gestattet, den inneren Widerstand auf ein Minimum zu reduciren. Er erreichte dies durch eine Einrichtung, vermöge deren eine Zinkplatte einer Kupferplatte beliebig genähert oder von ihr entfernt werden kann. Nähert man die beiden Platten einander, so wird der innere Widerstand des Elementes vermindert, entfernt man dieselben von einander, so wird der innere Widerstand vergrössert. Diese Einrichtung wirkt somit wie ein flüssiger Rheostat im Elemente.

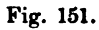
d. Das Rollett'sche Element [2]). In einem Glasgefäss *A*, Fig. 151, $^1/_3$ nat. Gr., das mit einem Tubulus *B* versehen ist, befindet sich eine aus dünnem Kupferblech gewundene Spirale *K* und über dieser eine mit Löchern versehene Zinkplatte *Z*. An die Kupferspirale ist ein Draht *C* gelöthet, der mit Kautschuk überzogen ist, an die Zinkplatte ein Draht *D*, der in einer Glasröhre befestigt ist. Mittelst dieser Glas-

---

[1]) Rollett. Ueber Zersetzungsbilder der rothen Blutkörperchen. Untersuchungen aus dem Institute für Physiologie und Histologie in Graz. S. 3. 1870.

[2]) Rollett. Ueber eine neue Einrichtung der constanten Zink-Kupferkette. Untersuchungen aus dem Institute für Physiologie und Histologie in Graz. S. 297. 1873.

röhre lässt sich die Zinkplatte in einer Durchbohrung des Holzdeckels *E* auf- und abbewegen und zugleich feststellen. Der Tubulus *B* des Gefässes *A* steht mit einem Tubulus *G* des Gefässes *F*, das die Form eines


Fig. 151.



Lampencylinders besitzt, durch einen Kautschukschlauch in Verbindung. Der Schlauch kann vermittelst einer Klemme *H* geschlossen oder beliebig weit geöffnet werden; statt derselben kann man auch eine Glasröhre mit Glashahn anbringen.

Beim Gebrauche wird zunächst *F* mit Kupfervitriolkrystallen gefüllt und alsdann in das Glasgefäss *A* durch die Oeffnung *I* eine Lösung von Magnesiumsulphat von 1·04 specif. Gewicht gegossen. Ist der Schlauch geöffnet, so löst sich rasch Kupfervitriol auf. Die Lösung tritt aus dem Reservoir in das Glasgefäss *A* und sammelt sich am Boden bis zu einer gewissen Höhe als scharf begrenzte blaue Schicht an. Hierauf senkt man die Zinkplatte mittelst *D* in die Flüssigkeit ein. Je näher man die Zink-

platte der Kupferspirale bringt, desto geringer wird der innere Widerstand der Kette. Soll das Element ausser Thätigkeit gesetzt werden, so wird zunächst der Schlauch völlig abgeklemmt und dann bei geschlossenem Stromkreise so lange gewartet, bis die blaue Schicht am Boden des Gefässes völlig verschwunden ist. Die Kette muss deshalb so lange geschlossen bleiben, damit nicht eine Diffusion der Kupfervitriollösung zum Zink eintritt und die Kette dadurch unbrauchbar wird. Ist die blaue Schicht völlig aufgezehrt, so öffnet man den Strom und hebt die Zinkplatte aus der Flüssigkeit. Braucht man das Element, so senkt man zunächst das Zink in die Flüssigkeit, öffnet die Klemme am Schlauche und in der kürzesten Zeit sinkt aus dem Reservoir *F* wieder die Kupfervitriollösung herüber und das Element ist in Gang gebracht. Anfangs nimmt die Stromesintensität zu, bald aber bleibt dieselbe constant.

Stellt man sich eine Batterie solcher Elemente zusammen, dann ist es gut, die Schläuche von je fünf Elementen so anzuordnen, dass sie durch eine gemeinschaftliche Klemmvorrichtung gesperrt werden können, und die Zinkplatten von je fünf Elementen so mittelst einer Latte zu verbinden, dass sie gemeinschaftlich gehoben und gesenkt werden können. Um die Auswitterung des Kupfervitriols hintanzuhalten, ist es zweckmässig, die Schläuche und die Tubuli vor dem Gebrauche einzufetten.

Die Zinkplatte wird in diesen Elementen sehr gleichmässig verbraucht; bei Anwendung von möglichst reinem metallischem Zinke sah Rollett dieselbe zuletzt so dünn, wie ein Blatt Papier werden.

Will man schwache Ströme durch sehr lange Zeiträume fortdauernd benutzen, so empfiehlt es sich statt der beiden Gefässe *A* und *F*, zwei tubulirte gläserne Stehcylinder, die mit einander durch einen Kautschukschlauch verbunden werden, anzuwenden. In den einen Cylinder wird eine kleine Kupferspirale und über dieselbe eine Zinkplatte gebracht, die in beliebiger Entfernung von dieser festgestellt werden kann, der andere Cylinder wird mit Kupfervitriolkrystallen gefüllt und in beide Gefässe eine Lösung von Magnesiumsulphat von 1·04 specif. Gewicht gegossen.

e. **Das Grove'sche Element.** Das erste Element dieser Art construirte Grove[1]) aus einem Pfeifenkopfe, der auf den Boden eines kleinen Glases gekittet war. In den Pfeifenkopf goss Grove concentrirte Salpetersäure, in das Glasgefäss im Verhältniss von 1 : 6 verdünnte Schwefelsäure. In die Salpetersäure wurde ein Platinblech gesteckt, in die verdünnte Schwefelsäure eine amalgamirte Zinkplatte. Bald darauf wandte Grove[2]) statt der Pfeifenköpfe Thonzellen an, die in rechtwinkligen Glas- oder Porcellantrögen standen. Da aber derartige Thon-

[1]) Grove. Pile voltaïque d'une grande énergie électro-chimique. Compt. rend. T. VIII, p. 567. 1839. Auch Volta'sche Säule von grosser elektrochemischer Kraft. Poggendorff's Annal. Bd. 48, S. 303. 1839.

[2]) Schönbein. Notizen über eine Volta'sche Säule von ungewöhnlicher Kraft. Poggendorff's Annal. Bd. 49. S. 511. 1840.

zellen sehr leicht zerbrechen, so wendet man jetzt allgemein Thonzellen von cylindrischer Form an.

Ein Grove'sches Element neuerer Construction zeigt Fig. 152, $^1/_3$ nat. Gr. In einem Becherglas steht in verdünnter Schwefelsäure ein amalgamirter Zinkcylinder und eine Thonzelle. Die Thonzelle ist mit concentrirter Salpetersäure gefüllt. In dieselbe taucht ein Platinblech ein, das an den durchbohrten Deckel der Thonzelle am besten mit Schwefel angekittet ist. Das Platinblech ist nach dem Vorschlage von Grüel [1]) entweder kreuzförmig oder nach Poggendorff [2]) Sförmig.


Fig. 152.



Bei physiologischen Versuchen wendet man sehr häufig die sogenannten kleinen Grove'schen Elemente an. Fig. 153, $^1/_2$ nat. Gr., a. f. S. Da die Löthung des Kupferdrahtes *K* an das Platinblech *P* durch die beim Betriebe des Elementes auftretenden sauren Dämpfe angegriffen wird, so ist es gut, dieselbe statt mit Firniss, wie es gewöhnlich geschieht, mit geschmolzenem Schwefel zu überziehen. Zu leichterer Vereinigung der Elemente zu einer Batterie wird das Platinblech des einen Elementes häufig an den Zinkcylinder des anderen angelöthet.

Während des Gebrauches muss die Batterie wegen der Entwickelung der salpetrigsauren Dämpfe in einen Raum gestellt werden, der mit einem Abzug versehen ist. Nach v. Waltenhofen [3]) kann das Auftreten dieser lästigen Dämpfe dadurch bedeutend hintangehalten werden, dass man etwas Quecksilber in die Zelle giesst, in der sich der Zinkcylinder befindet. Es findet dann eine fortwährende Amalgamation statt.

Die Constanz des Elementes kommt dadurch zu Stande, dass der am Platinpol ausgeschiedene Wasserstoff die Salpetersäure zu Untersalpetersäure und Stickoxyd reducirt und sich mit dem Sauerstoff zu Wasser verbindet. Ein Theil des gebildeten Stickoxydes entweicht in Form der salpetrigsauren Dämpfe.

---

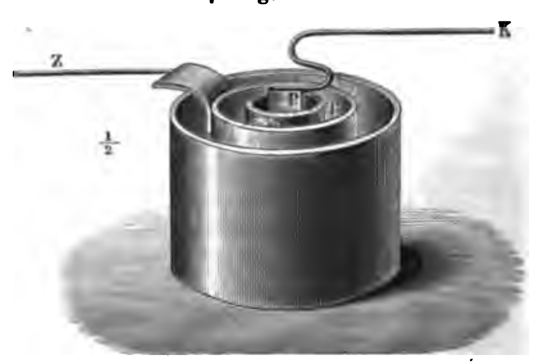
[1]) Grüel. Ueber eine vortheilhafte Construction der Grove'schen Kette. Poggendorff's Annal. Bd. 51, S. 383. 1840.

[2]) Poggendorff. Zusatz zu Bunsen. Ueber die Anwendung der Kohle zu Volta'schen Batterien. Poggendorff's Annal. Bd. 54, S. 425. 1841.

[3]) v. Waltenhofen. Ueber das Amalgamiren der Zinkelemente galvanischer Batterien. Dingler's polyt. Journ. Bd. 188, S. 283. 1868.

Setzt man die elektromotorische Kraft des Daniell'schen Elementes $D = 100$, so ist die elektromotorische Kraft des Grove'schen Elementes nach den Bestimmungen von Petruschefsky [1]) = 178.

Fig. 153.



f. **Das Bunsen'sche Element** unterscheidet sich von dem Grove'schen dadurch, dass bei diesem das Platin durch Kohle ersetzt wird. Wenn auch Cooper [2]) zuerst statt des Platins die billigere Kohle anwandte, so ist die Benutzung der Kohle doch erst durch Bunsen [3]) allgemein geworden. Bunsen [4]) stellte sich anfänglich die Kohle zu seinen Elementen durch Glühen eines Gemenges von Steinkohlen und Coaks dar. Er erhielt dadurch eine poröse, ausserordentlich feste, fast metallglänzende Kohle, der er die Gestalt von Zellen gab, wodurch er zugleich das Platin und die poröse Thonzelle der Grove'schen Kette ersetzen wollte. Da sich aber bei der gleichzeitigen Benutzung der Kohle als erregendes Metall und Diaphragma Uebelstände herausstellten, so kehrte er wieder zur Anwendung der Thonzelle zurück [5]). Ein Bunsen'sches Element neuerer Construction, Fig. 154, $^1/_3$ nat. Gr., besteht aus einem Kohlencylinder e, der unten offen und mit seitlichen Löchern versehen ist. Der Kohlencylinder steht in einem Gefäss a, das mit Sal-

---

[1]) Petruschefsky. Untersuchungen über die Eigenschaften des galvanischen Elementes. Bulletin de la classe physico-mathémat. de l'academ. impér. des scienc. de St. Petersbourg T. XV, p. 345. 1857.

[2]) Cooper. On the employment of carbon in Voltaic combinations. The London and Edinburgh philosoph. magaz. Vol. XVI, p. 35. 1840. Auch Schönbein. Notiz über eine neue Volta'sche Säule. Poggendorff's Annal. Bd. 49. S. 589. 1840.

[3]) Bunsen. Ueber die Anwendung der Kohle zu Volta'schen Ketten Briefliche Mittheilung an Poggendorff. Poggendorff's Annal. Bd. 54. S. 417. 1841.

[4]) Bunsen. Ueber eine neue Construction der galvanischen Säule. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 38. S. 311. 1841.

[5]) Bunsen. Ueber Bereitung einer das Platin in der Grove'schen Kette ersetzenden Kohle. Poggendorff's Annal. Bd. 55, S. 269. 1842.

petersäure gefüllt ist. In dem Kohlencylinder steht eine mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Thonzelle *c* und in dieser das amalgamirte Zinkkreuz *d*. Um den Leitungsdraht mit der Kohle zu verbinden ist um den oberen Rand des Cylinders ein Bleistreifen und um diesen ein Kupferring gelegt, der durch eine Schraube an den Bleistreifen angedrückt wird. An dem Kupferring ist ein Blechstreifen *v* mit einer Klemmschraube *f* befestigt. Bei der Verbindung mehrerer Elemente zu einer Batterie wird *f* auf den in das Zinkkreuz eingeschmolzenen Kupferdraht *s* des nächsten Elementes geschoben.



Fig. 154.



Da die Salpetersäure sich bald durch Capillarität in den Kohlencylinder bis zu dem Kupferring hinaufzieht, und das Kupfer angreift, so ist es zweckmässig, am inneren Rande des Ringes ein Streifchen Platinblech anzulöthen, um den metallischen Contact stets zu erhalten.

Eine sehr zweckmässige Einrichtung zum Anbringen des Leitungsdrahtes, die von v. Babo herrührt, giebt Wiedemann[1]) an. An einen Kupferdraht *d*, Fig. 155, $^1/_2$ nat. Gr., a. f. S., ist ein Kupferblechstreifen *b* angelöthet, der durch eine Klemmschraube *k* von starkem Kupferblech an den Kohlencylinder angedrückt wird. Das Kupferblech ist zum Durchlassen des Verbindungsdrahtes mit einem Schlitz versehen.

Die Constanz der Bunsen'schen Kette kommt auf die nämliche Art zu Stande wie bei dem Grove'schen Elemente. Den positiven Pol bildet die Kohle, den negativen das Zink. Die elektromotorische Kraft des Bunsen'schen Elementes verhält sich nach den Bestimmungen von Petruschefsky[2]) zu der des Daniell'schen wie 169 : 100.

---

[1]) Wiedemann. Die Lehre vom Galvanismus S. 444. 1872.

[2]) Petruschefsky. Untersuchungen über die Eigenschaften des galvanischen Elementes. Bulletin de la classe physico-mathémat. de l'acadm. impériale des scienc. de St. Petersbourg T. XV, p. 345. 1857.

Da die Anwendung concentrirter Salpetersäure zum Betriebe der Bunsen'schen Kette wegen der auftretenden salpetrigsauren Dämpfe

Fig. 156.

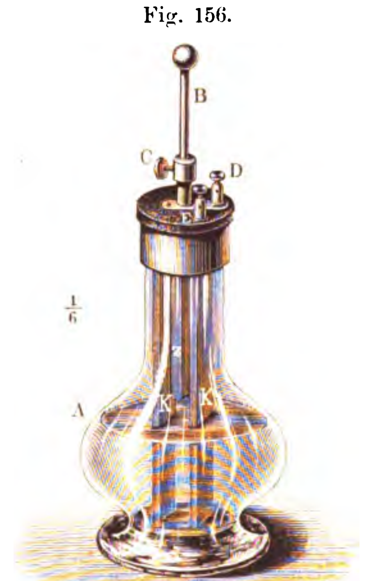
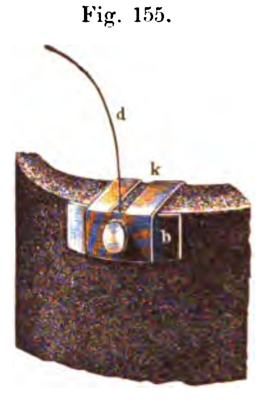


Fig. 155.



sehr lästig ist, so richtete schon Bunsen [1]) sein Bestreben darauf, diese Säure durch eine andere Flüssigkeit zu ersetzen. Es gelang ihm nun im Laufe der Zeit eine Flüssigkeit zu finden, welche die Salpetersäure ersetzt und gleichzeitig die Thonzelle entbehrlich macht [2]). Die Flüssigkeit besteht aus einer Mischung von Kaliumdichromat und Schwefelsäure. Um 1 l der Flüssigkeit zu bereiten, werden 92 g Kaliumdichromat möglichst fein pulverisirt mit 93·5 cbcm concentrirter Schwefelsäure zusammengerieben, bis ein gleichförmiger Brei von Chromsäure und Kaliumdisulphat entstanden ist. Diesem Breie werden dann unter stetem Umrühren 900 cbcm Wasser zugesetzt.

Mit dem Wegfall der Thonzelle war die Möglichkeit gegeben, bei den Elementen eine Anordnung zu treffen, dass das Instandsetzen eines Elementes oder einer Batterie rasch erfolgen kann. Eine sehr bequeme derartige Anordnung eines Elementes zeigt Fig. 156, $^1/_6$ nat. Gr. Wie Laschinoff [3]) angiebt, soll dieselbe von Grenet herrühren.

Auf einer Flasche A, die an ihrem oberen Rande mit einem Messingring versehen ist, befindet sich ein Deckel von Hartkautschuk, der in der Mitte durchbohrt ist. In der Durchbohrung kann eine amalgamirte

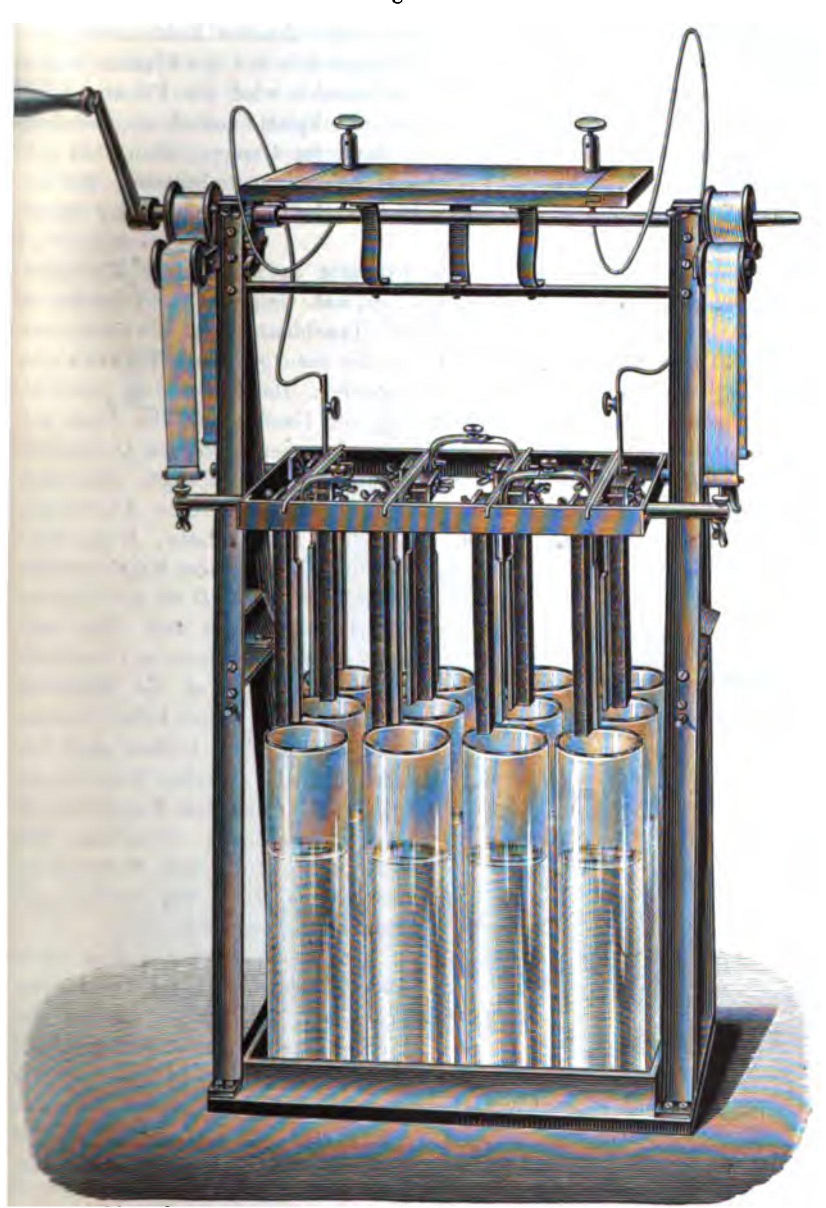
---

[1]) Bunsen. Ueber eine neue Construction der galvanischen Säule. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 38, S. 311. 1841.

[2]) Müller. Die neue Bunsen'sche Chromsäurebatterie. Dingler's polytech. Journ. Bd. 205, S. 104. 1872.

[3]) Laschinoff. Ueber eine zweckmässige Abänderung der Bunsen'schen Kette. Carl's Repertorium für physikal. Techn. Bd. 6, S. 172. 1870.

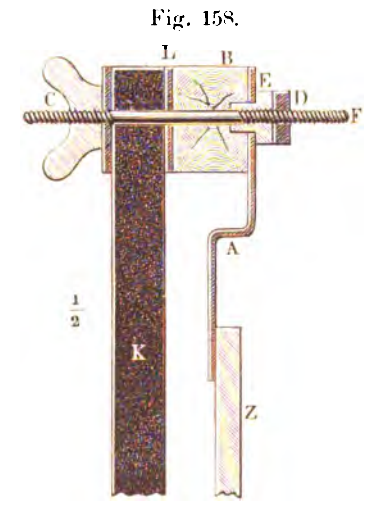
Fig. 157.



Zinkplatte *Z* mittelst einer Messingstange *B* bewegt und durch eine Schraube *C* festgestellt werden. *C* steht durch einen Messingstreifen mit einer Klemmschraube *D* in Verbindung. An dem Deckel sind ferner zwei Kohlenplatten *K*, die unten durch ein schmales Kohlenstück verbunden sind, befestigt. Die Kohlenplatten stehen mit der Klemmschraube *E* in leitender Verbindung. Beim Gebrauche wird die Flasche *A* zur Hälfte mit obiger Lösung gefüllt und die Zinkplatte soweit eingeschoben, als man wünscht. Das Element ist dann im Gange. Man thut gut, während des Gebrauchs die Flüssigkeit öfters umzuschütteln. Mit der Entfernung der Zinkplatte ist natürlich das Element wieder ausser Thätigkeit.

Eine constante Batterie, die jederzeit in und ausser Thätigkeit gesetzt werden kann, zeigt Fig. 157, $^1/_4$ nat. Gr., a. v. S. Dieselbe ist bekannt unter dem Namen Bunsen'sche Tauchbatterie [1]). Sie besteht aus 12 bis 20 Zinkkohlenelementen, die in die oben genannte Bunsen'sche Mischung beim Gebrauche eingesenkt werden. Das Eintauchen geschieht mittelst einer Kurbel durch Vermittelung von Bandseilen. Die Zink- und Kohlenplatten je eines Elementes sind an den vier hölzernen Querleisten eines eisernen Rahmens einander gegenüberstehend befestigt, ohne dass eine Berührung stattfindet. Es geschieht dies durch eine Anordnung, die Fig. 158, $^1/_2$ nat. Gr., zeigt. *K* ist die Kohlenplatte, *Z* die Zinkplatte, die an einem Kupferstreifen *A* angelöthet ist, *B* ist die hölzerne Querleiste. Kohle und Zink werden durch die Schraube *C* und den Schraubenkopf *D* an die Holzleiste *B* angepresst. Damit keine Communication zwischen beiden statt hat, ist einestheils zwischen dem Schraubenkopfe *D* und dem Kupferstreifen *A*, anderentheils zwischen dem Schraubengang *F* und Kupferstreifen *A* eine Hülse von Buchsbaumholz *E* eingeschaltet.

Fig. 158.



Die Verbindung mit dem nächsten Elemente geschieht durch einen Kupferstreifen, der vertical auf den Kupferstreifen *A* angelöthet ist. Diesen vertical auf *A* angelötheten Streifen des vorhergehenden Elementes sieht man bei *L*.

Die elektromotorische Kraft ergiebt sich zu 230 gegenüber der Daniell'schen Kette = 100 *D*. Sinkt die Stromstärke ungefähr um

[1]) Müller. Die Bunsen'sche Tauchbatterie. Dingler's polyt. Journ. Bd. 205, S. 195. 1872.

'₃ ihres ursprünglichen Werthes, so nimmt die elektromotorische Kraft asch ab. Um wahrnehmen zu können, wann die Mischung in den Glasefässen durch eine neue zu ersetzen ist, ist es bequem, in dieselbe in Aräometer einzusenken, dessen Scala nur aus zwei Punkten besteht. er eine Punkt entspricht dem ursprünglichen specifischen Gewichte der lischung = 1·145, der andere 1·18 zeigt an, dass von diesem Punkte b die elektromotorische Kraft der Kette rasch zu sinken beginnt, dass uthin die Mischung zu erneuen ist.

Da die Chromsäure direct das Zink stark angreift, so müssen die inkplatten nicht nur gut amalgamirt, sondern auch auf der Rückseite ut gefirnisst sein.

g. **Das Leclanché'sche Element** [1]). Ein Kohlencylinder *K*, ig. 159, $^1/_3$ nat. Gr., steht in einer Thonzelle *T*, die mit gestossenem

Fig. 159.



aunstein und zur Hälfte mit Salmiaklösung gefüllt ist. Die Thonzelle steht

[1]) Berichte über die allgemeine Industrieausstellung zu Paris im Jahre 67, erstattet von den für Preussen und die Norddeutschen Staaten ernannten itgliedern der internationalen Jury. S. 440. 1868. Ueber die Volta'sche anganguperoxydkette mit einer Flüssigkeit von Leclanché. Dingler's lyt. Journ. Bd. 188, S. 96. 1868.

in einem Glasgefäss *A*, das mit einer seitlichen Ausbuchtung versehen ist. In der Ausbuchtung befindet sich ein amalgamirter Zinkstab *Z*. *A* ist zur Hälfte etwa mit concentrirter Salmiaklösung gefüllt. Die Verbindung mit den Leitungsdrähten geschieht bei der Kohle durch Aufsetzen der mit Schraube versehenen Messingklemme *B*, beim Zink durch Befestigung einer Klemmschraube an dem Kupferdrahte *C*.

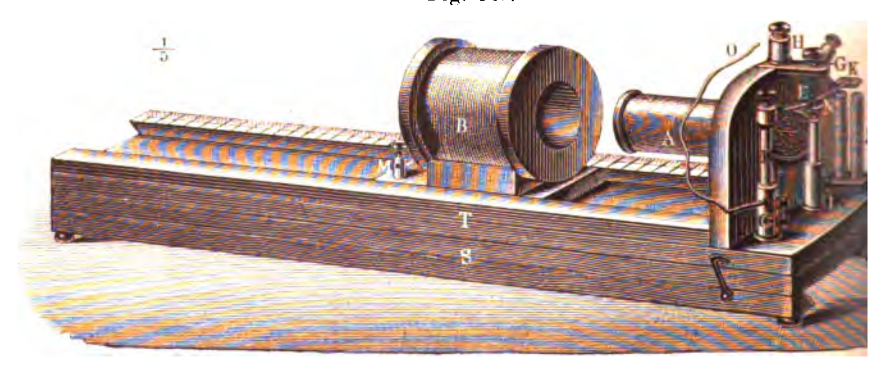
Das Element ist sehr constant. Die chemischen Vorgänge während der Thätigkeit des Elementes sind von Rosenthal [1]) des näheren untersucht worden. Auf Seite des Zinks bildet sich Zinkchlorid und Ammoniak; ein Theil des Ammoniaks entweicht, ein anderer Theil aber bildet mit dem Zinkchlorid Ammoniumzinkchlorid. Der an der Kohle ausgeschiedene Wasserstoff reducirt den Braunstein, es entsteht Wasser und das Mangan bildet mit dem Salmiak Ammoniummanganchlorid, wobei gleichzeitig eine Entwickelung von Ammoniak stattfindet.

Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt nach Leclanché 138·2, jene des Daniell'schen Elementes = 100 *D* gesetzt.

2. Der Inductionsapparat du Bois-Reymond's.

Zur Erzeugung von Inductionsströmen bedient man sich bei physiologischen Versuchen fast ausschliesslich des Inductionsapparates du Bois Reymond's [2]). Derselbe, Fig. 160, 1/5 nat. Gr., besteht aus dem Neeff'schen

Fig. 160.



Hammer [3]) und den beiden horizontal liegenden Spiralen *A* und *B*, von denen *B* in einem Schlitten gleitend über *A* geschoben werden kann

[1]) Rosenthal. Die Elektrotherapie S. 28. 1873.

[2]) Du Bois-Reymond. Untersuchungen über thierische Elektricität Bd. I, S. 446. 1848 und Bd. II, S. 393, 405. 1849.

[3]) Neeff. Ueber einen neuen Magnetelektromotor. Poggendorff' Annal. Bd. 46. S. 104. 1839.

wegen dieser Einrichtung nennt man den Apparat auch Schlittenmagnetelektromotor. Der Strom der galvanischen Kette tritt bei *C* in die Messingsäule *D*, geht von da in die Feder *E*, welche in der Mitte mit einem Platinplättchen versehen und an der Säule *D* befestigt ist. Die Feder drückt das Platinplättchen gegen den Platinstift *G*. Von *G* geht der Strom durch den Messingklotz *H* zur primären Spirale *A*, durchläuft dieselbe, umkreist dann den Elektromagneten *I*, dessen Schenkel vertical stehen und dessen Polflächen sich unter dem Anker *K* der Feder *E* befinden und geht von da durch die Klemmschraube *L* zur Kette zurück. Indem nun der Strom diesen Weg durchläuft, wird der Anker *K* durch das magnetisch gewordene Eisen *I* angezogen, in Folge dessen wird die Berührung der Feder *E* an der Platinspitze *G* aufgehoben und der Strom ist unterbrochen; mit der Unterbrechung des Stromes verliert *I* seinen Magnetismus, die Feder reisst den Anker in die Höhe und drückt das mittlere Platinplättchen wieder an den Platinstift. Der Strom wird wieder geschlossen und das Spiel beginnt von neuem. Dadurch werden in der secundären Rolle *B* fortwährend Ströme inducirt, deren Stärke durch Verschieben der Rolle beliebig variirt werden kann.

Die Bahn, in welcher die Rolle gleitet, ist mit einem Maassstab versehen, 1 m lang und besteht aus zwei Theilen *S* und *T*, die sich in der Mitte zusammenlegen lassen. Die Anzahl der Drahtwindungen der secundären Spirale beträgt 5 bis 6000. Der Draht endet in zwei Metallklemmen *M*, in welche die Leitungsdrähte eingeschraubt werden.

Jeder Strom, der die inducirende Rolle durchläuft, inducirt bei seinem Beginn und seinem Aufhören einen Strom, den Schliessungs- und den Oeffnungsstrom. Beide Ströme sind einander entgegengesetzt gerichtet. Die Oeffnungs- und Schliessungsinductionsströme sind in ihrem zeitlichen Verlauf und in ihren physiologischen Wirkungen verschieden. Man sieht z. B. beim Frosche die Zuckung des Muskels vom Nerven aus bei einem Schliessungsinductionsschlag erst bei einem Rollenabstand von etwa 20 mm auftreten, während der Oeffnungsschlag nicht selten noch über den grössten Abstand der Rollen hinaus Zuckung bewirkt.

Diese Ungleichheit des zeitlichen Verlaufs und der physiologischen Wirkungen des Oeffnungs- und Schliessungsinductionsstromes brachte Helmholtz [1]) dadurch zum Wegfall, dass er neben der inducirenden Rolle eine Nebenschliessung anbrachte. Durch diese Nebenschliessung ist der Strom, der durch die inducirende Rolle geht, jeder Zeit geschlossen, der Anker, der vom Elektromagneten angezogen wird, öffnet nun nicht mehr den Stromeskreis, sondern schliesst nur eine Nebenleitung, die den Strom der Kette in den Windungen des Elektromagnetes und der inducirenden Spirale schwächt.

[1]) Du Bois-Reymond. Ueber den zeitlichen Verlauf voltaelektrischer Inductionsströme. Monatsber. der königl. preuss. Akad. d. Wissenschaft zu Berlin aus dem Jahre 1862, S. 376. 1863.

Diese Nebenleitung, bekannt unter dem Namen der Helmholtz'schen Modification des Inductionsapparates, wird durch die Messingsäule *D*, den hinteren Theil der Feder *E*, und der in einem Platinstift ausgehenden Schraube *N* und der Säule *L* gebildet. Die Feder *E* ist an ihrer unteren Fläche mit einem Platinplättchen versehen, entsprechend dem an ihrer oberen Fläche befindlichen. Um diese Einrichtung in Gang zu bringen, schraubt man die Platinspitze *G* in die Höhe, so dass die Feder *E* sie nicht mehr berührt, und bringt zwischen der Säule *D* und der primären Spirale einen dicken Draht *O* an, der einerseits in der zweiten Klemmschraube der Säule *D*, anderentheils in der Klemmschraube *H* befestigt wird.

Ist *C* mit dem positiven Pol eines Elementes verbunden, so geht der Strom von *C* nach *O* und bei *L* zur Kette zurück; indem er aber *I* umkreist, wird *I* magnetisch und zieht den Anker *K* an, so dass die Platinspitze der Schraube *N* und das Platinplättchen der unteren Fläche der Feder *E* sich berühren. Dadurch wird die Nebenleitung *CDEL* geschlossen.

Reizt man nun den Muskel vom Nerven aus durch einen Inductionsschlag, so findet man, dass der Unterschied der Rollenabstände, bei denen Oeffnen und Schliessen Zuckung des Muskels verursacht, nur noch wenige Centimeter beträgt. Der physiologische Effect der Induction ist indessen sehr geschwächt; beide Zuckungen, die durch den End- wie den Anfangsstrom, erfolgen jetzt erst ungefähr bei dem nämlichen Rollenabstande, bei dem ohne Helmholtz'sche Modification ein Schliessungsinductionsschlag Zuckung bewirkte.

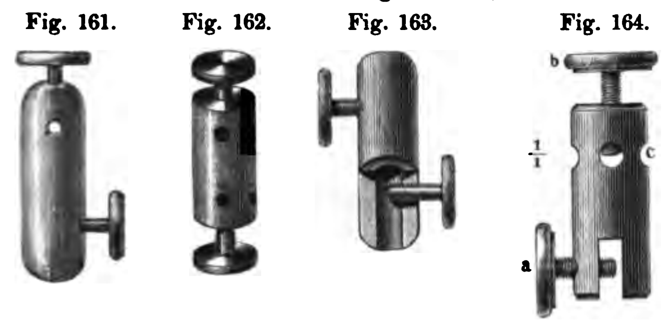
3. Hülfsvorrichtungen.

Zu den Hülfsvorrichtungen der constanten Ketten und der Inductionsapparate rechnen wir die Leitungsdrähte, die Klemmschrauben, du Bois-Reymond's Schlüssel, die Batterieumschalter und die Gyrotropen. Von letzteren beschreiben wir nur den Batterieumschalter Rollett's und die Pohl'sche Wippe.

a. Die Leitungsdrähte. Die Verbindung der Pole der constanten Ketten mit dem Inductionsapparate oder anderen Vorrichtungen geschieht durch mit Seide oder Baumwolle übersponnene Kupferdrähte, die ausserdem noch mit irgend einem Firniss lackirt sind. Bevor die Drähte zu einer Verbindung benutzt werden, müssen die Enden ihres Ueberzuges entkleidet und der Firniss entfernt werden. Ersteres geschieht durch Abwickeln des Fadens, wobei man den abgewickelten Faden nach entsprechend abgewickelter Strecke nicht abreisst, sondern an den Draht mit einem Knoten anbindet, letzteres nimmt man durch Abschaben des Firnisses mit einer Messerklinge und nachheriges Abreiben mit Sandpapier vor.

b. Die Klemmschrauben. Die Verbindung der Leitungsdrähte unter einander kann entweder dadurch geschehen, dass man die blanken

Fig. 161. Fig. 162. Fig. 163. Fig. 164.



Enden mit einer Flachzange zusammendreht, oder dass man die von Poggendorff [1]) angegebenen Klemmschrauben benutzt. Die Klemmschrauben bestehen aus Kupfercylindern, in welche zwei messingene Schräubchen eingesetzt sind. Fig. 161, 162, 163, nat. Gr., stellen derartige Klemmschrauben vor. Sind die in die Löcher der Klemmschrauben einzuklemmenden Drähte sehr fein, so löthet man an ihre Enden entweder dickere Drähte an, oder wickelt sie über einen dickeren blanken Kupferdraht und befestigt diesen in dem Loche der Klemmschraube. Um einen Draht mit einer planen Fläche ohne Löthung zu verbinden, giebt man der Klemmschraube die Form von Fig 164, nat. Gr. Die Schraube *a* dient zur Befestigung an der planen Fläche, z. B. einem Kupferbleche, *c* dient zur Aufnahme des Leitungsdrahtes.



Fig. 165.



c. Der du Bois-Reymond'sche Schlüssel [2]) dient zum Oeffnen und Schliessen einer Kette. Derselbe, Figur 165, $^1/_6$ nat. Gr., besteht aus zwei auf einer isolirenden Kautschukplatte *a* befestigten Messingklötzen *b* und *c*, die mit Klemmschrauben versehen sind. Ein an dem Klötz-

[1]) Poggendorff. Ueber die galvanischen Ketten aus zwei Flüssigkeiten und zwei einander nicht berührenden Metallen. Poggendorff's Annal. Bd. 49, S. 39. 1840.

[2]) Du Bois-Reymond. Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu elektrophysiologischen Zwecken. Abhandl. der königl. Akad. der Wissensch. zu Berlin aus dem Jahre 1862, S. 102. 1863.

chen *c* angebrachter drehbarer Hebel *d* von Messing gestattet mittelst eines Elfenbeingriffes denselben an das Messingklötzchen *b* anzulegen oder zu entfernen. Ist in *b* das eine, in *c* das andere Ende eines Stromkreises aufgenommen, so schliesst und öffnet der Schlüssel den Kreis. Verbindet man einerseits *b* und *c* mit den beiden Polen einer Kette und schraubt man andererseits in die beiden noch freien Löcher Leitungsdrähte ein, so bildet der Messinghebel, wenn er an *b* angelegt ist, eine gut leitende Nebenschliessung zu dem zweiten Kreise.

Mittelst einer Tischlerzwinge lässt sich der Schlüssel überall und in jeder Lage anbringen.

d. Der Batterieumschalter Rollett's. Bei Versuchen, bei welchen der Widerstand ausserhalb der Kette sehr gross ist, verbindet man gewöhnlich die ungleichnamigen Pole der einzelnen Elemente mit einander, bei Versuchen dagegen, wo nur metallische Leitungen ausserhalb der Kette vorhanden sind, vereinigt man die gleichnamigen Pole mehrerer Elemente mit einander, indem bekanntlich im einzelnen Element wegen der Kleinheit des Querschnittes der Widerstand sehr gross ist. Da es nun stets mit Zeitverlust verknüpft ist, die Verbindung der einzelnen Elemente der Batterie nach dem jeweiligen Bedürfnisse einzurichten, so construirte Rollett [1]) einen Batterieumschalter, der die einzelnen Elemente der Batterie auf die verschiedenartigste Weise mit einander zu verkoppeln gestattet, ohne dass dabei die Verbindungen der Poldrähte geändert zu werden brauchen. Dieser Batterieumschalter bestand ursprünglich aus zwei Reihen von Quecksilbernäpfen, die in Kammmasse eingelassen waren; die Quecksilbernäpfe waren durch Drähte mit Klemmschrauben verbunden, welche zur Aufnahme der einzelnen Poldrähte dienten; die Verbindung der Quecksilbernäpfe und dadurch der Elemente mit einander geschah durch eine Reihe hufeisenförmiger Drahtbügel, die in dieselben eingesenkt wurden. Später hat Rollett diesen Apparat dadurch abgeändert, dass er an die Stelle der Quecksilbernäpfe Messingklötze setzte und die Verbindung dieser durch Metallzapfen bewirkte. Der Batterieumschalter Rollett's hat jetzt folgende Gestalt [2]).

Auf einer dicken Platte aus Kammmasse von ungefähr 80 cm Länge und 15 cm Breite, Fig. 166, 1/2 nat. Gr., sind in zwei Reihen *A* und *B* je 30 Messingklötze befestigt. Die Klötze der ersten Reihe sind mit arabischen Ziffern von 1 bis 30 und je einer Klemmschraube versehen, die Klötze der zweiten Reihe sind mit römischen Ziffern von I bis XXX bezeichnet und stehen je mit einer Klemmschraube an der Seite der

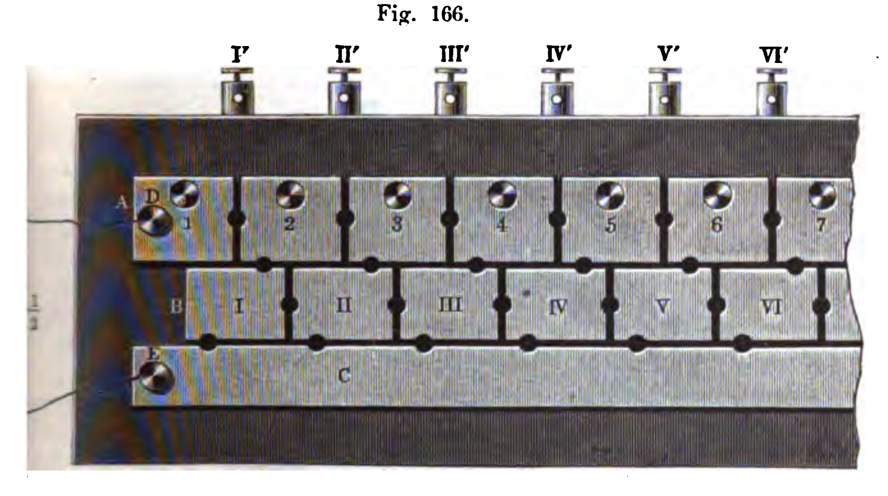
---

[1]) Rollett. Ein compendiöser Batterieumschalter. Untersuchungen aus dem Institute für Physiologie und Histologie in Graz, S. 194. 1871.

[2]) Nach einem Vortrage des Herrn Professor Rollett auf der Naturforscherversammlung zu Graz mit gütiger Erlaubniss des Herrn Vortragenden mitgetheilt.

Kautschukplatte in Verbindung. In den seitlichen Klemmschrauben werden die positiven Poldrähte der Elemente befestigt, während die negativen Poldrähte in den Klemmschrauben der Reihe A endigen. Die

Fig. 166.



Verbindung der Messingklötze mit einander geschieht durch Metallzapfen, die in die Einbuchtungen eingesteckt werden, mit welchen die Messingklötze versehen sind. Um den Strom abzuleiten, dienen die Klemmschrauben D und E. E befindet sich auf einem Messingstabe, welcher parallel den Messingklötzen der Reihe B läuft.

Will man die Elemente der Batterie hinter einander einschalten, so steckt man zunächst in die Löcher zwischen den Reihen A und B Metallzapfen, dann verbindet man E mit dem letzten eingeschalteten Elemente durch Einstecken eines Metallzapfens zwischen der Reihe B und dem Messingstabe C.

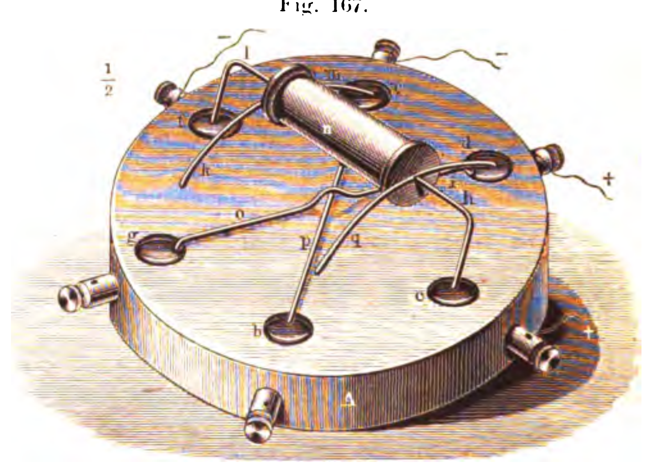
Der Strom geht alsdann von I' zu I, von da durch den Metallzapfen zwischen I und 2 zur Klemmschraube von 2, von da durch das zweite Element zur Klemmschraube II' etc. und schliesslich durch den Metallzapfen, welcher das letzte Element mit dem Messingstabe C verbindet, nach der Klemmschraube E; bei D kehrt der Strom wieder zur Kette zurück.

Will man einzelne Elemente neben einander einschalten, so verbindet man, wenn z. B. zwei Elemente neben einander eingeschaltet werden sollen, je zwei neben einander befindliche Klötze der Reihen A und B mit einander durch Einsetzen von Metallzapfen, also 1 und 2, I und II, 3 und 4, ebenso III und IV etc., dann steckt man Metallzapfen zwischen II und 3, IV und 5 etc. ein. Sind drei Elemente neben einander einzuschalten, so verbindet man 1, 2 und 3, und ebenso I, II und III etc. mit einander und verfährt im Uebrigen in analoger Weise. Will man endlich alle Elemente der Batterie neben einander einschalten, so

vereinigt man die Klötze der Reihe *A* mit einander und ebenso die der Reihe *B*.

e. **Die Pohl'sche Wippe** [1]) dient zur Aenderung der Stromesrichtung in einem geschlossenen Kreise. Dieselbe besteht, Figur 167, $^1/_2$ nat. Gr., aus einer runden Holzplatte *A*, an deren Umfang sechs cylin-

Fig. 167.



drische Löcher *bcdefg* gebohrt sind. Diese Löcher werden mit Quecksilbe gefüllt. Das Quecksilber steht mit den an der äusseren Peripherie angebrach ten Klemmschrauben in leitender Verbindung. In den Löchern *c* und *f* sin zwei kupferne drehbare dreiarmige Drahtbügel *qhi* und *klm* mit ihren mitt leren Armen eingesetzt und an den Glasstab *n* befestigt. Die Seitenarm *q* und *i*, sowie *k* und *m* tauchen bei der Bewegung des Bügels in di Quecksilberbehälter *d* und *e* oder *b* und *g*. Die Quecksilberbehälter und *g*, sowie *e* und *b* stehen mit einander durch Kupferdrähte *o* und in Verbindung. Um eine Berührung zu vermeiden ist *o* über *p* an de Kreuzungsstelle gebogen.

Beim Gebrauche verbindet man die Pole der Kette mit den Klemm schrauben *c* und *f*, dann schraubt man in die Klemmschrauben bei *g* un *b* oder *e* und *d* die Enden des Theiles der Leitung, in welcher di Stromesrichtung gewechselt werden soll. Liegt die Wippe wie in be stehender Figur und sind in den Klemmschrauben bei *d* und *e* Dräht befestigt, so geht der in *c* eintretende positive Strom durch die Büge arme *h* und *i* zu dem Quecksilberbehälter *d* und von da weiter; derselb kehrt durch den Quecksilberbehälter *e*, die Bügelarme *m* und *l* und de Quecksilberbehälter *f* zur Kette zurück.

---

[1]) Pohl. Der Gyrotrop, eine nützliche und bequeme Vorrichtung b elektromagnetischen Versuchen. Kastner's Archiv für die gesammte Natu lehre Bd. 13, S. 51. 1828.

Legt man nun die Wippe um, dass die Arme *q* und *k* in die Quecksilberbehälter *b* und *g* tauchen, so geht der positive Strom durch *h* und nach *b*, von da durch den Kupferdraht *p* nach *e* und dort weiter; der Strom kehrt durch den Quecksilberbehälter *d*, durch den Kupferdraht *o*, nach *g*, durch die Bügelarme *k* und *l* in den Quecksilberbehälter *f* und von da zur Kette zurück.

Will man das Quecksilber vermeiden, so kann man den Gyrotropen von Dujardin [1]), von Reusch [2]), oder den Stöpselumschalter [3]), der bei Telegraphenleitungen Verwendung findet etc., benutzen. Eine Zusammenstellung sämmtlicher Gyrotropen findet man in Carl's Repertorium für physikalische Technik am angeführten Orte [4]).

IV. Von den Gasregulatoren.

Bei vielen physiologischen Untersuchungen, die in der Wärme in einem Brütofen, einem Trockenofen etc. vorgenommen werden müssen, ist es von grosser Wichtigkeit, dass die Temperatur während der Versuchszeit constant bleibt.

In früherer Zeit, vor der allgemeinen Verbreitung von Gaseinrichtungen, benutzte man bei Versuchen, die längere Zeit in der Wärme vorgenommen werden mussten, zum Erwärmen geschlossener Räume Spirituslämpchen, die durch eine besondere Vorrichtung fortwährend mit Brennmaterial gespeist wurden. So benutzte z. B. Baumgärtner [5]) bei seinen Versuchen über den Athmungsprocess des Eies eine Lampe, die soviel Weingeist fasste, dass sie ununterbrochen über 24 Stunden fortbrennen konnte, ohne dass Spiritus nachgefüllt werden musste. Die Speisung der Lampe geschah durch eine 168 mm lange Messingröhre von etwa 4 mm Durchmesser, die mit einem blechernen Behälter von 130 mm Durchmesser in Verbindung stand. In diesem war ein zweiter mit Spiritus gefüllter Behälter von etwas geringerem Durchmesser umgestürzt, der nach Art der Öllampen mit einem Ventil versehen war. Dieses Ventil besass einen sehr kurzen Stiel und öffnete sich nur 4 mm weit, so dass dadurch ein Ueberlaufen des Spiritus an der Flamme verhindert war. Baumgärtner giebt an, dass sich diese Lampe durch eine regelmässige gleich grosse Flamme auszeichnete. Jetzt wendet man derartige Lampen nicht mehr

---

[1]) Dujardin. Nouveau commutateur voltaique. Annal. de chim. et de physique. Ser. III, T. IX, p. 110. 1843. Auch: Neuer Commutator. Poggendorff's Annal. Bd. 60, S. 407. 1843.

[2]) Reusch. Der Stromwender. Poggendorff's Annal. Bd. 92, S. 651. 1854.

[3]) Schellen. Der elektromagnetische Telegraph S. 45. 1867.

[4]) Carl. Beschreibung der bisher in Anwendung gebrachten Commutatoren. Carl's Repertorium für physikal. Techn. Bd. 4, S. 342. 1869.

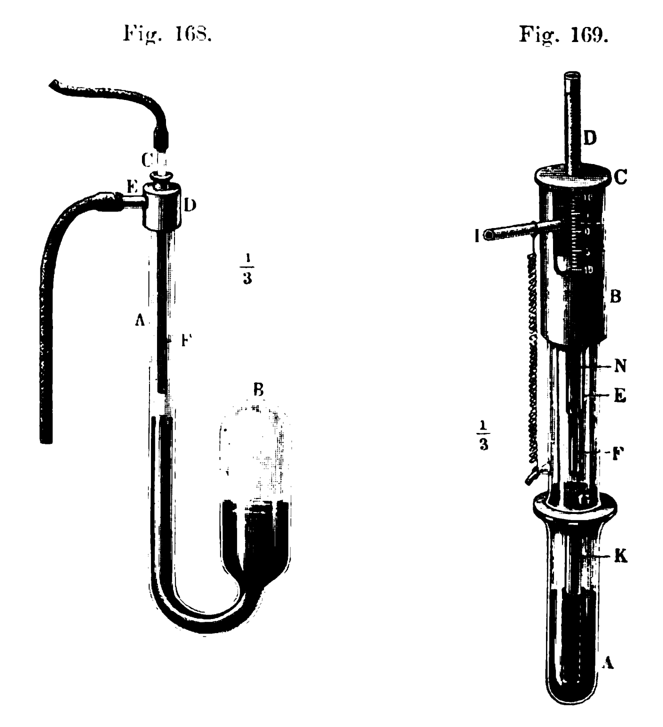
[5]) Baumgärtner. Der Athmungsprocess im Ei, S. 5. 1861.

an, sondern bedient sich zur Erzielung constanter Temperaturen in geschlossenen Räumen des Leuchtgases, indem man zwischen die Flamme und die Gasleitung Apparate einschaltet, welche durch besondere Einrichtungen die Grösse der heizenden Flamme beeinflussen. Derartige Apparate werden Gasregulatoren genannt. Man unterscheidet Wärme- oder Thermoregulatoren und Gasdruckregulatoren.

1. Die Wärmeregulatoren.

Die Wärmeregulatoren besitzen die Einrichtung, dass sobald die Temperatur in einem geschlossenen Raume, z. B. einem Brütofen, einem Trockenofen etc., über den gewünschten Grad zu steigen beginnt, die Speisung der Flamme sofort so lange beschränkt wird, als die Temperatursteigerung währt. Die erste derartige Vorrichtung construirte

Fig. 168. Fig. 169.



Kemp in Edinburg. Von den verschiedenen Wärmeregulatoren beschreiben wir nur die hauptsächlichsten.

a. **Der Wärmeregulator von Kemp** [1]), Fig. 168, $^1/_3$ nat. Gr

[1]) Kemp. Beschreibung eines Apparates zum Reguliren der Temperatu

besteht in seiner ursprünglichen Gestalt aus einem Luftthermometer AB, das im unteren Theil der Kugel B und in einem Theil der Röhre A Quecksilber enthält. In der Röhre A steckt eine kleine Röhre C, die in einer messingenen Stopfbüchse D luftdicht gleitet und in jeder beliebigen Höhe festgestellt werden kann. D ist mit einem seitlichen Ansatz E versehen.

Beim Gebrauche des Instrumentes wird der Körper, den man einer bestimmten Temperatur aussetzen will, der Kugel B möglichst nahe gebracht, damit die Luft in der Kugel dieselbe Temperatur annehmen kann wie der neben ihr befindliche Körper; alsdann verbindet man C mit der Gasleitung und E mit einem Gasbrenner durch Kautschukschläuche.

Angenommen man wolle die Temperatur in einem Trockenschranke anhaltend auf 40° C. halten, so befestigt man zunächst den Regulator in demselben, dann öffnet man den Hahn der Gasleitung so weit, dass er den angezündeten Brenner hinlänglich mit Gas speist. Bald dehnt die Wärme die Luft in B aus und treibt das Quecksilber in der Röhre A in die Höhe. Ist die Temperatur 40° C., so senkt man die Röhre C soweit in D hinab, dass ihr unteres Ende in das Quecksilber taucht. In Folge hiervon müsste die Flamme auslöschen; damit dies aber nicht geschehen kann, ist bei F ein kleines Loch in C gebohrt, welches nur soviel Gas zum Brenner gelangen lässt, dass die Famme vor dem Erlöschen geschützt ist. Da nun dadurch die Gaszufuhr zu dem Brenner beschränkt wird, so besteht auch die ursprüngliche Wärmequelle nicht mehr, die Luft in B kühlt sich also ab und das Quecksilber in A sinkt. In Folge davon wird der Ausgang der Röhre C frei, dem Gase ist aufs neue der Zugang zu dem Brenner geöffnet und die Temperatur kann wieder steigen. Auf diese Weise wird innerhalb bestimmter Grenzen eine constante Temperatur erzielt. Kemp berichtet, dass in Gregory's Laboratorium mittelst dieses Regulators 25 Liter Flüssigkeit sechs Wochen constant auf einer Temperatur von 37·5° C. erhalten wurden.

Der Kemp'sche Regulator wurde von Westly, Bunsen und Schorer modificirt.

Die Modification von Westly [1]) besteht darin, dass an der Röhre C statt des kleinen Loches an ihrem unteren Ende sich ein langer enger Schlitz befindet. In Folge davon findet die Absperrung des Gases nicht plötzlich, sondern mehr allmählig im Verhältniss der steigenden Temperatur statt.

Die Modification Bunsen's erhellt aus Fig. 169, 1/3 nat. Gr. A ist eine unten zugeschmolzene Glasröhre, auf die eine eiserne Hülse B auf-

---

beim Erwärmen eines Wasserbades etc. mittelst eines Gasbrenners. Dingler's polyt. Journ. Bd. 117, S. 352. 1850.

[1]) Westly. Zusatz zu obigem Aufsatze. Dingler's polyt. Journ. Bd. 117, S. 355. 1850.

gekittet ist. Am oberen Rande derselben befindet sich eine geränderte Scheibe *C*, bei deren Drehung die mit einem Schraubengewinde versehene Röhre *D* sich hebt oder senkt. An dem unteren Ende von *D* sind zwei Glasröhren angekittet; eine kleinere, *E*, die in eine mit dem Westly'schen Spalte versehene Röhre *F* von Eisenblech übergeht, und eine Röhre *G*, welche erstere umgiebt; ferner befindet sich seitlich von *G* das Rohr *I*. Das Gas tritt durch *D* in den Apparat, geht nach *E* und *F*, von da nach *G* und durch *I* zum Brenner. Als Luftgefäss benutzte Bunsen bei früher gefertigten Instrumenten eine an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre, die bis auf $^1/_3$ ihres Volumens mit Quecksilber gefüllt war und in das Quecksilber der Röhre umgekehrt gesenkt wurde [1]). In dem Maasse als sich die Luft in der kleinen Glasröhre ausdehnt, tritt Quecksilber aus derselben, das Quecksilberniveau in dem Apparate steigt und verschliesst *F*; bei eintretender Erkaltung tritt das Quecksilber wieder in die Glasröhre zurück. Bei neueren Instrumenten ist im unteren Drittheile von *A* eine Glasröhre *K* eingeschmolzen, die fast bis auf den Boden reicht und mit Quecksilber gefüllt ist. Der durch das Quecksilber abgesperrte Raum dient als Luftgefäss. Bei steigender Temperatur treibt die eingeschlossene Luft das Quecksilber in der eingeschmolzenen Glasröhre in die Höhe. Gewöhnlich bringt man so viel Quecksilber in das Luftgefäss, dass dasselbe bis auf $^1/_3$ gefüllt ist.

Die Einstellung auf eine bestimmte Temperatur findet in der nämlichen Weise statt, wie wir das oben bei dem Kemp'schen Instrumente angegeben haben; dieselbe wird hier durch einen Maassstab *M* erleichtert.

Bei schnell zunehmender Temperatur könnte die Röhre *E* durch das ansteigende Quecksilber vollständig verschlossen und die Flamme des Brenners zum Auslöschen gebracht werden. Damit dies nicht geschieht, befindet sich in *E* ein kleines Löchelchen *N*, das so viel Gas ausströmen lässt, dass die Flamme brennend bleibt.

Schorer [2]) beobachtete beim Gebrauche des Bunsen'schen Regulators, dass eine beträchtliche Zeit verstreicht, ehe das Quecksilber die Temperatur des umgebenden Mediums annimmt. Da dadurch der präcise Abschluss des Leuchtgases bei eintretender Temperaturerhöhung sehr beeinträchtigt wird, so traf er folgende Einrichtung In den Raum, der dauernd auf einer bestimmten Temperatur zu halten ist, wird ein kleines Reagensgläschen *A*, Fig. 170, $^1/_3$ nat. Gr., das mit einem Kautschukpfropfen verschlossen ist, gebracht. Dieses Reagensgläschen steht mit dem Schenkel *H* eines U förmigen Rohres durch die doppelt rechtwinklig gebogene Glasröhre *K* in Verbindung. Der andere Schenkel *B* des U förmigen Rohres ist mit der nämlichen Einrichtung versehen, die wir

[1]) Kemp's Regulator zur Erzielung constanter Temperaturen mittelst Leuchtgas, verbessert von Bunsen. Dingler's polyt. Journ. Bd. 143, S. 342. 1857

[2]) Schorer. Verbesserter Bunsen'scher Regulator zur Erzielung constanter Temperaturen mittelst Leuchtgases. Zeitschrift für analyt. Chemie 9. Jahrg. S. 213. 1870.

bei Fig. 169 beschrieben haben. Sobald die Luft in *A* sich ausdehnt, drückt sie auf das Quecksilber in der Röhre *H*, dasselbe steigt im anderen Schenkel in die Höhe und vermindert dadurch den Gaszufluss.

In einfachster Weise [1]) kann man sich übrigens auch jeder Zeit selbst dadurch einen Regulator herstellen, dass man eine unten zugeschmolzene

Fig. 170.



Fig. 171.



Glasröhre *A*, Fig. 171, $^1/_3$ nat. Gr., von etwa 50 mm Länge und 15 bis 20 mm Breite zur Hälfte mit Quecksilber füllt und dieselbe durch einen mit einem Loche versehenen Kautschukpfropf *B*, in dessen Durchbohrung eine mit einem seitlichen Ansatz versehene Glasröhre *C* steckt, verschliesst. In *C* befestigt man mittelst fest gewickelten Papieres ein kürzeres, dünnes Röhrchen *F*, das mit einem kleinen Loche bei *E* versehen ist. Bei *G* tritt das Gas in den Apparat, bei *H* geht es zum Brenner.

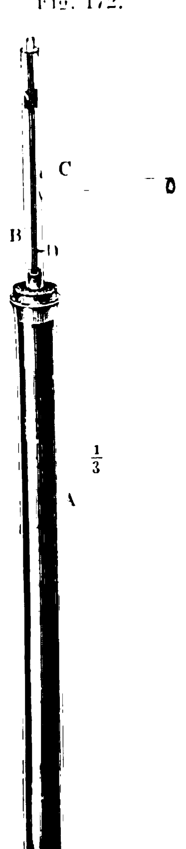
Beim Gebrauche bringt man den Apparat in den Raum, der auf einer bestimmten Temperatur erhalten werden soll und lässt das Quecksilber zunächst in der Röhre *C* so lange steigen bis die Temperatur

[1]) Gscheidlen. Einfache Construction des von Bunsen modificirten Kemp'schen Regulators. 53. Jahresber. der schlesisch. Gesellsch. für vaterl. Cultur 1876.

erreicht ist, auf die eingestellt werden soll. Dann schiebt man C so tief in A ein, dass das Röhrchen E in das Quecksilber der Röhre C taucht. Die Flamme würde erlöschen, wäre nicht in F ein kleines Löchelchen bei E angebracht. Dieses macht man am besten so, dass man einen glühenden Platindraht in das erhitzte Röhrchen stösst und rasch wieder zurückzieht. Soll dieser Apparat zur Regulirung der Temperatur eines Wasserbades benutzt werden, so wird er einfach in dasselbe versenkt, will man ihn in einem Trockenschranke benutzen, so schiebt man bevor man C in A einführt, eine starkwandige Glasröhre über den Kautschukpfropf B. Die Befestigung im Schranke kann dann durch einen Kork bewerkstelligt werden. Die Temperatur hält sich innerhalb 2 bis 3° C. constant.

b. Der Regulator von Stricker[1]. Bei diesem Apparate geschieht die Regulirung des Gaszuflusses durch die Ausdehnung, welche das Quecksilber in der Wärme erfährt. Eine Glasröhre A, Fig. 172, $^1/_3$ nat. Gr., von etwa 240 mm Länge und 15 mm Breite, ist oben durch einen Kautschukpfropf, in dem eine Glasröhre B mit Seitenrohr C steckt, luftdicht verschlossen und vollständig mit Quecksilber gefüllt. In B steckt eine kleine, kurze, unten schief abgeschnittene Röhre D, die mittelst einer Kautschuklamelle festgehalten wird. B wird mit der Gasleitung, C mit dem Brenner verbunden. Beim Erwärmen steigt das Quecksilber in der Röhre B und sobald die Temperatur erreicht ist, auf die man einstellen will, schiebt man B in A so tief ein, dass D in das Quecksilber taucht. Das Auslöschen der Flamme wird dadurch verhindert, dass in der Kautschuklamelle ein kleiner Spalt sich befindet, durch den eben nur soviel Gas noch zum Brenner strömen kann, dass die Flamme nicht auslöscht.


Fig. 172.



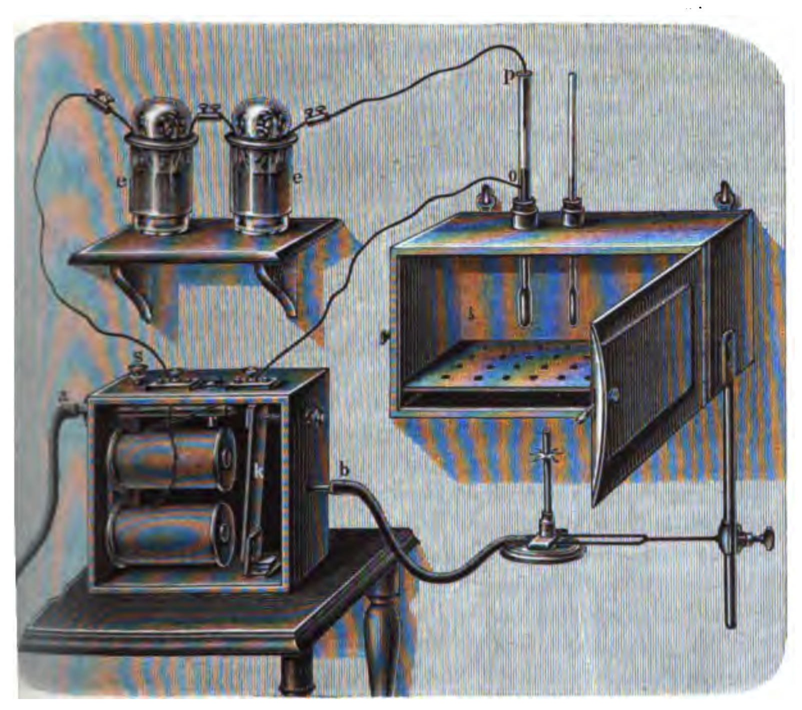
c. Der Regulator von Scheibler[2]. Dieser Apparat, Fig. 173, $^1/_4$ nat. Gr., besteht aus einem messingenen Gehäuse, dessen vordere Wand mit einer Glasplatte versehen ist. Das Gas tritt durch den Kautschukschlauch a und die Röhre r in das Gehäuse und verlässt dasselbe bei b. In dem Gehäuse befinden sich zwei Elektromagnete und diesen gegenüber

[1] Exner. Leitfaden bei der mikroskopischen Untersuchung thierischer Gewebe, S. 83. 1873.

[2] Scheibler. Temperaturregulator für Luftbäder. Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. 7, S. 88. 1868.

eiserner Anker *k*, an dem ein Lederpolster angebracht ist. Umkreist elektrischer Strom die Eisenkerne der Drahtspiralen, so wird dadurch Anker *k* angezogen, die Röhre *r* durch das Lederpolster verschlossen d dem Gase der Eintritt in das Gehäuse verwehrt, wird dagegen der

Fig. 173.



elektrische Strom unterbrochen, so hört auch der Magnetismus der Eisenkerne auf, der Anker *k* kehrt in seine frühere Lage zurück und dem Gase ist der Eintritt in das Gehäuse wieder geöffnet. Die Drähte der Drahtspiralen stehen einerseits mit zwei **Meidinger**'schen Elementen *ee*, andererseits mit einem Platindraht *o* in Verbindung. Der Platindraht *o* ist in eine etwa 1 mm weite, oben offene, unten zugeschmolzene Glasröhre eingeschmolzen, die in den Trockenschrank mittelst eines durchbohrten Korkes eingesteckt wird. Bringt man nun in diese Glasröhre soviel Quecksilber, dass eine Berührung mit dem Platindrahte *o* stattfindet und steckt man weiter in die Röhre einen Draht *p*, der von den Meidinger'schen Elementen kommt, so wird bei der Berührung des Quecksilbers in der Röhre mit dem Drahte *p* eine Kette geschlossen, in Folge dessen der Anker *k* angezogen und dem Gase der Eintritt in das Gehäuse verwehrt wird. Die unter dem Trockenschranke befindliche Flamme würde in diesem Augenblicke verlöschen, weil ihr kein Gas mehr zuströmt; um dieses jedoch zu verhindern, besitzt die Gas-

zufuhrröhre *r* eine kleine seitliche Oeffnung, welche mittelst der Schraube *s* beliebig grösser oder kleiner gestellt werden kann. Durch diese kleine Oeffnung strömt alsdann beständig eine geringe Menge Gas aus, in Folge dessen dann die Bunsen'sche Flamme nicht völlig erlischt, sondern nur, je nach der Stellung der Schraube mehr oder weniger klein wird.

Die Einstellung des Regulators auf eine beliebige Temperatur besorgt man in der Weise, dass man sobald das Thermometer die Temperatur anzeigt, die man dem Trockenschranke im Maximum zu geben beabsichtigt, man den Platindraht *p* vorsichtig und langsam so tief in die Glasröhre einschiebt, dass er eben das darin befindliche Quecksilber berührt. In diesem Momente ist der Strom geschlossen, der Elektromagnet in dem Gehäuse zieht den Anker *k* an, und dieser verschliesst mit seinem Lederpolster die Röhre *r*. So lange nun der elektrische Strom geschlossen und der Anker *k* des Elektromagnetes angezogen bleibt, empfängt der Trockenschrank nur eine geringe Wärmezufuhr und er beginnt sich abzukühlen; das Quecksilber in der Glasröhre beginnt zu sinken, bald trennt es sich von der Spitze des eingetauchten Platindrahtes *p* und der elektrische Strom ist unterbrochen. Der Elektromagnet lässt in diesem Augenblicke den Anker *k* los, der durch eine Feder zurückgezogen wird, das Gas hat durch die geöffnete Röhre *r* wieder Zutritt zur Flamme und die Erwärmung des etwas abgekühlten Trockenschrankes beginnt von neuem.

Die Temperatur des Trockenschrankes kann, so lange der Draht *p* nicht verstellt wird, die eingestellte Maximalhöhe nie überschreiten, mag der Gasdruck sich noch so beliebig ändern; dagegen fällt die Temperatur bei jeder Stromschliessung um 3 bis 4 Grade, so dass die beschriebene Vorrichtung, wenn sie einmal in gewünschter Weise eingestellt ist tagelang den Trockenschrank in einer Temperatur erhält, welche nur um einige Grade schwankt, ein gegebenes Maximum aber nie überschreitet.

d. Der Hipp'sche Wärmeregulator[1]). Dieser Apparat, Fig. 174 1/6 nat. Gr., besteht aus einem viereckigen, hölzernen Kasten *A*, dessen Boden von einem aus Kupferblech bestehenden allseitig geschlossenen Wasserkasten *B* gebildet wird. Die vordere und die obere Wand *D* und *E* des Kastens bestehen aus Glasscheiben. An den inneren Wänden verlaufen behufs gleichmässiger Vertheilung der Wärme mehrfach gewunden Röhren, die mit dem Wasserbehälter *B* communiciren und bei *F* und *G* zwei Oeffnungen zum Austritte der Luft beim Einfüllen des Wassers durch den Trichter *C* haben. An der inneren Hinterwand des Kastens befindet sich eine Uförmig gebogene doppelte Lamelle *H* aus Stahl und

[1]) Hirsch. Der Hipp'sche Wärmeregulator zur Erzielung constanter Temperatur in geschlossenen Räumen. Carl's Repertorium für physikalische Technik Bd. 4, S. 201. 1868.

Messing. Das eine Ende derselben ist bei I befestigt, das andere K ist beweglich. Da die Stahllamelle aussen, die Messinglamelle innen liegt, so macht K bei fallender Temperatur eine Bewegung nach innen, bei

Fig. 174.



steigender eine Bewegung nach aussen. An K ist ein dünner Kupferfaden L befestigt, der die Kastenwand durchbohrt und um die Axe einer Regulirschraube N gewunden ist. Diese Schraube bildet das obere Ende eines um einen Punkt beweglichen Winkelhebels; das untere Ende desselben trägt das konische Ventil P, welches auf der Gaszuleitungsröhre Q aufsitzt. Das Ventil befindet sich in einem Blechkästchen M, das an der Aussenseite des Kastens A angebracht ist und dessen vordere Wand eine Glasplatte bildet. Das Gas tritt in das Blechkästchen bei Q ein und geht durch die Röhre R zu der heizenden Flamme. Es ist in

dem Blechkästchen durch Wasser abgesperrt, das bei S eingebracht werden kann.

Beginnt die Temperatur im Inneren des Kastens über eine gewisse durch die Regulirschraube N bestimmte Grösse zu steigen, so bewegt sich das Ende K der bimetallischen Lamelle nach aussen und damit sinkt das Ventil P in Q ein. Es dringt nunmehr weniger Gas durch die Zuflussröhre zur Flamme; dieselbe wird schwächer und die Temperatur sinkt; das Umgekehrte findet statt, wenn die Temperatur im Inneren zu sinken beginnt, das Ventil wird dann gehoben und die Flamme dadurch verstärkt.

Die Temperatur im Inneren des Kastens erhält sich nahezu constant. Die mittlere Abweichung der stündlich abgelesenen Temperaturen vom Tagesmittel beträgt nach der Untersuchung von Hirsch im Mittel einer sehr grossen Menge von Beobachtungen nur einige Zehntel eines Grades. Zum Beweise dessen führt Hirsch die Temperatur des Ofens an zwei Tagen an, an welchen die Zimmertemperatur sehr differirte.

Datum.	Mittlere Ofen-temperatur.	Mittlere Abweichung vom Mittel.	Maximum.	Minimum.	Gesammtschwankung.	Zimmertemperatur.	
						Maximum.	Minimum.
4. Nov. 1867	30·7°	± 0·52°	31·6°	29·6°	2·0°	2·5°	1·9°
11. Juli 1868	29·8°	± 0·18°	30·3°	29·5°	0·8°	20·0°	19·0°

Grössere Schwankungen in der Temperatur kommen nur in den ersten Stunden nach Beginn der Heizung vor. Es ist deshalb die Vorsicht geboten, den Kasten vier Stunden vor Beginn des Experimentes zu heizen.

Schliesslich erwähnen wir noch, dass Zabel[1]), Schlösing[2]), Carmichael[3]), Reichert[4]) und Lemoine[5]) Gasregulatoren construirt haben, deren Beschreibung man am angegebenen Orte findet.

2. Die Gasdruckregulatoren.

Die Gasdruckregulatoren sind Apparate, mittelst deren das Ausströmen des Gases durch irgend eine Oeffnung so regulirt wird, dass

---

[1]) Zabel. Ueber einen elektrischen Temperaturregulator zum Gebrauche für chemische Laboratorien. Dingler's polyt. Journ. Bd. 186, S. 202. 1867.

[2]) Schlösing. Régulateur du chauffage par le gaz, à l'usage des laboratoires. Annal. de chim. et de phys. 4 sér. T. 19, p. 205. 1870. Auch: Regulator zur Erzielung constanter Temperaturen beim Heizen mit Leuchtgas zur Benutzung in chemischen Laboratorien. Dingler's polyt. Journ. Bd. 196, S. 312. 1870.

[3]) Carmichael. Ueber eine neue Methode der quantitativen Analyse. Nach einem Referate von Casselmann. Zeitschrift für analyt. Chem. Jahrg. X, S. 85. 1871.

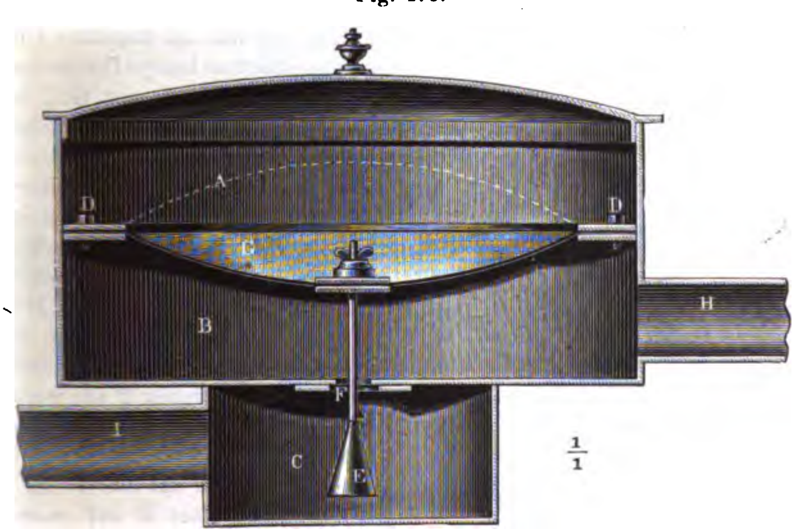
[4]) Reichert. Einfacher Thermoregulator. Poggendorff's Annal. Bd. 144, S. 467. 1872.

[5]) Lemoine. Gasregulator. Carl's Repertorium für physikal. Technik, Bd. 9, S. 339. 1873.

dasselbe mit gleichförmiger oder nahezu gleichförmiger Geschwindigkeit bei verschiedenem Gasdrucke stattfindet. Dieselben sind merkwürdigerweise wenig im Gebrauch, obwohl sie vorzügliches leisten, namentlich wenn man sie zwischen die Gasleitung und einen der eben beschriebenen Apparate einschaltet. Die Wärmeregulatoren geben nur bei gleichmässigem Gasdrucke constante Temperaturen. Steigt der Gasdruck rasch an, so versagen dieselben einigermaassen, indem sie mit Ausnahme des Scheibler'schen die Temperatur um 2 bis 3° höher steigen lassen, als gewünscht wird. Diesem Uebelstande kann man durch Einschaltung eines Gasdruckregulators zwischen Gasleitung und Wärmeregulator abhelfen. Wir berichten anbei von den Apparaten Crosley's und Weinhold's.

a. Der Gasdruckregulator von Crosley [1]), Fig. 175, nat. Gr., besteht aus einem mit einem Deckel versehenen Behälter, der aus drei

Fig. 175.



Theilen *A*, *B* und *C* besteht. Zwischen den Theilen *A* und *B* ist an der Wandung des Behälters ein doppelter Ring *D* angebracht, zwischen dem ein Goldschlägerhäutchen *G* oder gefirnisster Taffent lose ausgespannt und eingekittet ist. Das Goldschlägerhäutchen ist in der Mitte durchbohrt. In der Durchbohrung steckt luftdicht eine kegelförmige Stange *E*, die in eine Oeffnung *F* passt. Hebt sich *G*, wie die punktirte Linie anzeigt, so hebt sich damit auch *E* und die Oeffnung *F* wird dadurch verkleinert. In *A* befindet sich etwas Wasser, um die Membran

---

[1]) Verbesserung an den Gasdruckregulatoren oder sogenannten Gouverneurs, auf welche Samuel Crosley den 4. Febr. 1826 sich ein Patent ertheilen liess. Dingler's polyt. Journ. Bd. 34, S. 28. 1829.

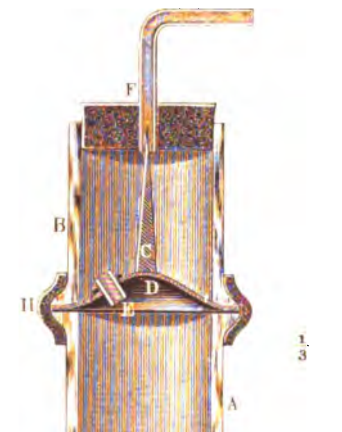
feucht und gasdicht zu halten. An *B* und *C* sind zwei seitliche Röhren *H* und *I* angelöthet.

Dieser Apparat wird zwischen die Gasleitung und die Lampe eingeschaltet. Das Gas strömt bei *I* ein und bei *H* aus. Ist der Druck des Gases gering, so hängt *G* in *B* herab, wie in der Figur, steigt aber der Druck des Gases, so hebt sich *G*; damit wird die Stange *E* gehoben, die Oeffnung *F* verkleinert, der Eintritt des Gases nach *H* erschwert und der erhöhte Gasdruck kann sich auf diese Weise für die Lampe nicht bemerklich machen.

Statt des Goldschlägerhäutchens wendet man besser eine dünne Kautschuklamelle an, indem nämlich die Befestigungen sowohl des Goldschlägerhäutchens in dem Ringe *D* als auch der Stange *E* in dem Goldschlägerhäutchen nicht lange gasdicht bleiben.

Mit einfachen Mitteln lässt sich ein modificirter Crosley'scher Gasdruckregulator dadurch herstellen [1]), dass man auf ein ungefähr 1 dm langes und 60 mm breites Präparatenglas *A*, Fig. 176, 1/3 nat. Gr., das mit einem ebenen Rande und einer seitlichen Oeffnung versehen ist, eine dünne Kautschuklamelle *D* mittelst eines Kautschukringes so befestigt, dass dasselbe in der Mitte schlaff herabhängt. In die Kautschuklamelle macht man alsdann seitlich ein kleines Loch, umklebt dasselbe mit einem Korkringe und bringt darin das kurze Glasröhrchen *E* an; weiter kittet man auf die Mitte der Lamelle einen hölzernen Kegelstift *C*. Hierauf setzt man auf das Gefäss *A* ein ähnliches Gefäss *B* auf, dessen Boden abgesprengt ist, und verbindet beide mittelst eines Kautschukringes *H*. Das Glas *B* wird durch einen Kautschukpfropf verschlossen, in dessen Mitte sich eine gebogene Glasröhre *F* befindet. Der Kegelstift *C* ragt in diese Röhre hinein.

Fig. 176.



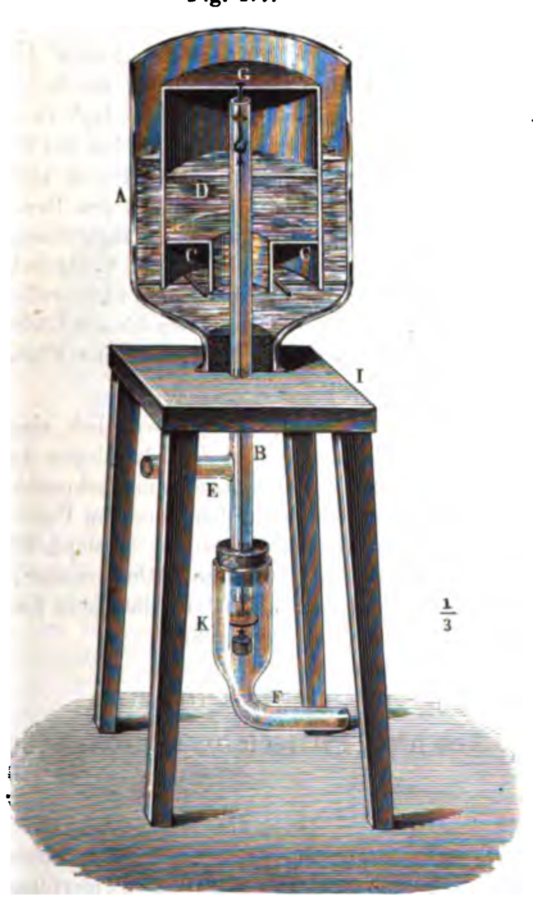
Der Apparat wird zwischen die Gasleitung und den Wärmeregulator eingeschaltet; das Gas strömt bei *G* ein, tritt durch die Glasröhre *E* nach *B* und geht durch die Röhre *F* zu dem Wärmeregulator. Bei

[1]) Gscheidlen. Modification des Crosley'schen Gasdruckregulators. 53. Jahresber. der schlesisch. Gesellsch. für vaterländ. Cultur 1876.

mässigem Gasdruck wird die Kautschuklamelle mässig gespannt, steigt der Gasdruck aber, so wölbt sich dieselbe in die Höhe und der Kegelstift wird in *F* hineingeschoben. Wie weit *C* in *F* hineinragen soll, regulirt man durch Verschiebung der Glasröhre *F* in dem Kautschukpfropfe. Damit die Flamme auch bei stärkstem Gasdruck nicht erlischt, ist in dem Kegelstift *C* eine seitliche Rinne angebracht.

b. Der Gasdruckregulator von Weinhold[1]. Derselbe besteht aus einem Glasgefässe *A*, Fig. 177, $^1/_3$ nat. Gr., dessen Boden abgesprengt,

Fig. 177.



dessen Mündung jedoch mit einem Korke verschlossen ist, in dem eine Glasröhre *B* mit einem seitlichen Ansatz *E* steckt. Das Glasgefäss *A*

[1]) Weinhold. Gasdruckregulator. Carl's Repertorium für physikal. Technik. Bd. 9, S. 82. 1873.

ruht mit seiner Mündung auf dem Holzgestell *I* und ist zum Theil mit Wasser gefüllt. An *B* ist eine gebogene Glasröhre *F* mittelst Kork befestigt. In dem Wasser, das sich in dem Glasgefässe *A* befindet, schwimmt eine aus ganz dünnem Messingblech gefertigte Glocke *D*, an deren unterem Ende ein ringförmiger Hohlraum *C C* angebracht ist. Die Glocke *D* ist ebenfalls zum Theil mit Wasser gefüllt, ihre senkrechte Stellung wird durch seitliche Sprossen gesichert. In der Mitte der Glocke bei *G* ist ein Draht befestigt und an diesem ein kreisförmiges Plättchen, das in *B* hineinragt. Es trägt einen Haken, an dem an einem Seidenfaden ein Kautschukplättchen *K* hängt. Ein kleines Gewicht hält denselben gespannt. Beim tiefsten Stande der Glocke schwebt das Kautschukplättchen 5 mm unter dem eben abgeschliffenen Rande des Rohres *B*, wird die Glocke durch den Gasdruck gehoben, so legt es sich an diesen Rand an und verschliesst die Röhre. Das Gas strömt bei *F* in den Apparat und verlässt denselben durch die Röhre *E*. Durch kleine Gewichte, welche auf die Glocke gelegt werden, kann man den Druck bestimmen, bei welchem diese gehoben und so die Durchgangsöffnung für das Gas verengert werden soll. Damit beim Anliegen des Kautschukplättchens *K* an der Röhre *B* die Gasleitung durch den Apparat nicht vollständig unterbrochen ist, ist es gut, wenn man in dasselbe ein kleines Löchelchen macht, welches noch soviel Gas durchtreten lässt, um eine Flamme vor dem Verlöschen zu schützen.

Zur Heizung der Räume benutzt man gewöhnlich einen Bunsen'schen Brenner [1]), auf den man, um ein Zurückschlagen der Flamme zu verhüten, ein Drahthäubchen aufsetzt, oder man schraubt dessen Zugröhre ab und verwendet den Kreuzschnittbrenner am Untersatze. Sollen ganz niedere Temperaturen eingehalten werden, so empfiehlt es sich eine Metallröhre mit feiner Mündung, etwa eine Löthrohrspitze, in Gebrauch zu nehmen. Stets hat man darauf zu achten, dass kein Luftzug Abkühlung des zu erwärmenden Raumes herbeiführt.

V. Von den Filtrationsvorrichtungen.

Unter Filtration versteht man die mechanische Trennung einer Flüssigkeit von einem darin suspendirten Körper durch ein poröses Diaphragma. Als Diaphragmen benutzt man Papierfilter oder Thonzellen. Letztere finden da Anwendung, wo morphotische Elemente kleinster Art, die durch die Poren des Filters gehen würden, von der Flüssigkeit zu trennen sind.

[1]) Bunsen und Roscoe. Photochemische Untersuchungen. Poggendorff's Annal. Bd. 100, S. 85. 1857.

1. Das Filtriren durch Papier.

Das Filtriren durch Papier geschieht entweder durch glatte oder lurch krause Filter; durch erstere, wenn es gilt, die suspendirten Körper auf lem Filtrum zu sammeln, durch letztere, wenn es darauf ankommt, eine nöglichst rasche Filtration zu bewirken.

Die Filter bereitet man sich in der Weise, dass man entweder ein tück kreisrunden Filtrirpapiers, von dessen Homogenität man sich im lurchscheinenden Lichte überzeugt hat, doppelt so zusammenlegt, dass ie Falten rechte Winkel bilden, oder dadurch, dass man die von Mohr[1]) ngegebenen Filterschablonen benutzt. Diese bestehen aus Weissblech nd haben die Form eines Quadranten, dessen gerade Seiten mit 3 mm ohem aufgebogenem Rande versehen sind. Fig. 179, $^1/_1$ bis $^1/_4$ nat. Gr.

Fig. 179.

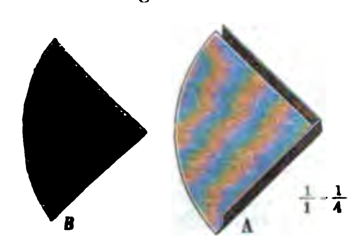


Fig. 180.



len Quadranten *A* passt ein anderer Quadrant *B* von kleinerem Halbmesser. Das durch doppeltes Umlegen in einen rechten Winkel gefalzte pier bringt man mit dem rechten Winkel an die Ränder der Schablone . legt den kleineren Quadranten *B* darauf und schneidet mit einer harfen Scheere das Hervorragende ab. Das geschnittene Papier wird zwei Formen benutzt. Oeffnet man das Papier einfach und drückt aus einander, so erhält man die sogenannten glatten Filter, bei denen f der einen Hälfte das Papier dreifach, auf der anderen einfach liegt, e Fig. 180, nat. Gr., zeigt. Dieses Filter legt sich benetzt leicht an Wandung eines passenden Trichters an, wobei man zu beobachten t, dass das Filtrum nie über den Trichterrand hinausragt. Schlägt n eine der den rechten Winkel bildenden Kanten noch einmal um, so ält man eine Abzugsrinne, durch welche die bereits durch Papier gangene Flüssigkeit rasch abläuft. Fig. 181 (a. f. S.), nat. Gr.

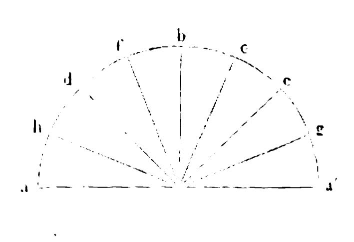
Die krausen oder faltigen Filter macht man am besten nach folgendem Schema. Man legt das kreisrunde Papier, Fig. 182 (a. f. S.), in r Mitte zusammen, wodurch die Falte *aa'* entsteht, dann legt man *a'*

[1]) Mohr. Ueber Filterschablonen. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 21, . 1837.

auf *a*, wobei die Falte *b* gebildet wird. Man schlägt wieder auf und legt *a* auf *b*, sowie *a'* auf *b*, es entstehen die Falten *d* und *c*. Legt man nun *a'* auf *d* und *a* auf *c*, so entstehen die Falten *e* und *f*, und legt man schliesslich *a* auf *d* und *a'* auf *c*, so entstehen die Falten *h* und *g*. Die gebildeten acht Segmente werden nun durch wechselseitiges Umkehren so auf einander gelegt, dass die Falten *a'*, *c*, *b*, *d*, *a* nach einer Seite stehen, die anderen *h*, *f*, *e*, *g* nach der anderen. Man zieht nun das


Fig. 181. Fig. 182.

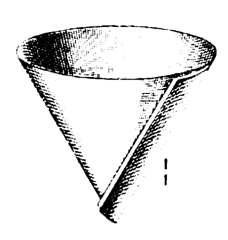




Filter auseinander und ordnet die Falten nach Art einer Stuartkrause. Diese Filter passen in jeden Trichter mit geraden Wänden und lassen die Flüssigkeit rascher durchlaufen als die glatten Filter.

In jüngster Zeit hat Stolba [1]) eine neue Methode Papierfilter zu bereiten angegeben, die gewisse Vorzüge besitzt. Diese Methode besteht darin, dass man ein mit einer geraden Seite *a* versehenes Stück Papier rechtwinklig zu dieser einmal über einander legt und von dieser geraden Seite *a* aus dasselbe in mehreren Falten von der Breite einiger Millimeter zusammenlegt. Hierauf wird dasselbe in eine der Mohr'schen Schablonen gebracht und das Ueberstehende mit einer Scheere abgeschnitten. Das Filter, Fig. 183, nat. Gr., hat mit Ausnahme dieses Streifens nur eine einfache Papierschicht. Man legt dasselbe trocken in den Trichter, benetzt es und legt dann den mehrfach gefalzten Streifen dicht an die Wandung des Trichters an.

Fig. 183.



Diejenigen Trichter, deren Wandungen in einem Winkel von 60° zu einander stehen, sind die geeignetsten.

Nicht unerwähnt können wir die Angabe Fleitmann's [2]) lassen, nach welchem sich die Filtration dadurch beschleunigen lässt, dass man mehrere Filter über einander schichtet, indem nämlich nach seinen Befunden ein doppeltes Filter fast dopp

[1]) Stolba. Ein neues Papierfilter. Dingler's polyt. Journ. Bd. 2 S. 445. 1875.

[2]) Fleitmann. Ueber Filtration. Zeitschrift für analyt. Chem. Jahrg. XIV, S. 77. 1875.

so rasch filtrirt als ein einfaches und ein dreifaches wieder rascher als ein doppeltes, wie aus folgender Angabe erhellt. Von drei ganz gleichen Trichtern wurde das erste mit einem Filter, das zweite mit zwei, das dritte mit drei Filtern versehen. Durch diese drei Trichter wurde dieselbe Flüssigkeit in der Weise filtrirt, dass eine ganze Stunde lang die drei Trichter immer voll gehalten wurden. Nach Ablauf dieser Zeit waren durch den ersten Trichter 278 cbcm, durch den zweiten 560 cbcm, durch den dritten 642 cbcm gegangen.

Kommt es vor, dass eine Filtration in der Wärme vorgenommen werden muss, so setzt man den Trichter einfach, wie Marchand[1]) dies zuerst vornahm, in ein Blechgefäss, dessen Boden mit einem Loch versehen ist, in welchem der Trichter mit einem Kork befestigt wird. In das Blechgefäss kommt Wasser, dem man vorher eine beliebige Temperatur ertheilt hat. Statt dessen benutzt man jedoch häufig den Wasserbadtrichter von Plantamour[2]). Derselbe, Fig. 184, $^1/_3$ nat. Gr., besteht aus einem Blechtrichter A, der mit einer seitlichen Ansatzröhre B versehen und durch einen durchbohrten Kork C verschlossen ist. In die Durchbohrung wird der Hals des Glastrichters D wasserdicht eingesteckt. Auf dem oberen Rande des Blechtrichters A ist ein Loch E angebracht, durch welches Wasser in den Blechtrichter eingefüllt wird. Das Wasser wird durch eine Flamme, die man unter das Ansatzrohr B bringt, auf diejenige Temperatur gebracht und bei der Temperatur erhalten, bei welcher man filtriren will. Zu beachten hat man, dass der Glastrichter über den Blechtrichter hervorragt, sowie dass die Spitze des Glastrichters nicht zu weit unterhalb des Korkes hinabreicht; denn bei Substanzen, welche leicht erstarren oder herauskrystallisiren, würde dieselbe sonst leicht verstopft werden.

Fig. 184.



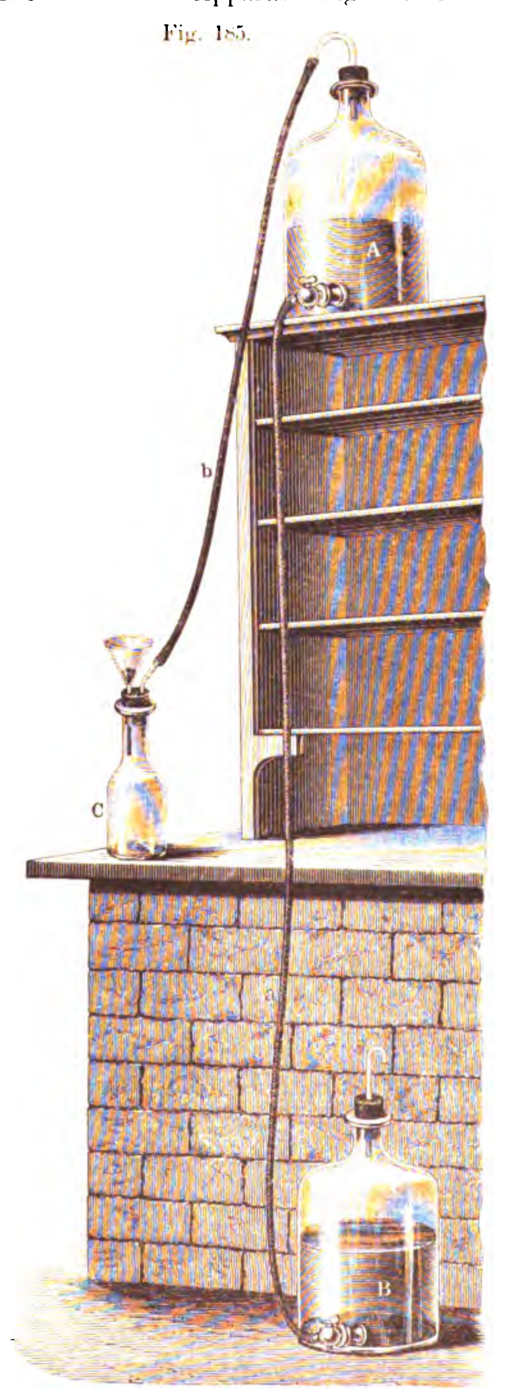
Viele Flüssigkeiten filtriren sehr langsam. Um die Filtration zu beschleunigen bedient man sich mit grösstem Nutzen des luftverdünnten Raumes. Man kann einen solchen auf verschiedene Art erzeugen.

---

[1]) Marchand. Apparat zum Filtriren in höherer Temperatur. Poggendorff's Annal. Bd. 24, S. 649. 1832.

[2]) Plantamour. Der Wasserbadtrichter. Poggendorff's Annal. Bd. 67, S. 417. 1846.

Fig. 185.



a. Methode nach Bunsen [1]. Zwei grosse mit einem Tubulus versehene Flaschen *A* und *B*, Fig. 185, 1/9 nat. Gr., die mindestens 4 Liter fassen und mit einem Hahn zur Regulirung des Wasserabflusses versehen sind, werden durch einen langen Kautschukschlauch *a* verbunden. *A* steht möglichst hoch und wird bei verschlossenem Hahn mit Wasser gefüllt, *B* dagegen steht möglichst tief, z. B. auf dem Fussboden. Beide Flaschen sind mit einem Kork, in dem eine gebogene Röhre befestigt ist, luftdicht verschlossen. Wird nun *A* mit dem Filtrirkolben *C* durch einen Kautschukschlauch *b* verbunden und der Hahn der Flasche *A* geöffnet, so läuft das Wasser von *A* nach *B* und bewirkt eine Luftverdünnung in *A* und dem Filtrirgefässe. Ist das Wasser bei *A* abgelaufen, so werden die Flaschen gewechselt und der Apparat beginnt aufs neue seine Function.

Das Filtrirgefäss *C* ist aus starkwandigem

[1] Bunsen. Ueber das Auswaschen der Niederschläge. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 148, S. 291. 1868.

Glase und mit einem doppelt durchbohrten Kautschukpfropfen versehen. In der einen Durchbohrung wird ein Trichter 5 bis 8 cm tief mit seinem Stiel eingesenkt, in der anderen steckt eine gebogene Glasröhre zur Verbindung mit *A*.

Statt dieser einfachen Vorrichtung, bei welcher jedoch nur eine Druckdifferenz von etwa $^1/_4$ Atmosphäre erzeugt werden kann, hat Bunsen nach dem Princip der Sprengel'schen Quecksilberluftpumpe [1]) eine gläserne Wasserluftpumpe construirt, deren Thätigkeit jedoch eine Wasserleitung voraussetzt. Fig. 186, $^1/_8$ nat. Gr., zeigt die Einrichtung dieser

Fig. 186.



Pumpe. Wird der Quetschhahn *a* geöffnet, so gelangt das Wasser aus der Wasserleitung *w* in das erweiterte Glasgefäss *c* und fliesst von dort durch das 8 mm weite Bleirohr *d* ab. Dieses Bleirohr geht in den Abzugscanal des

---

[1]) Sprengel. Researches on the vacuum. The journ. of the chemic. society of London. New ser. Vol. III, p. 9. 1865.

Gebäudes oder bis auf den Boden eines tiefen Senkloches. In das Gefäss *c* ist eine Röhre *e* eingeschmolzen, die mit einer feinen Oeffnung endigt. Das obere Ende von *e* ist durch einen Kautschukschlauch mit einer gebogenen Glasröhre *f* verbunden, die sich gablig theilt. An der einen Seitenröhre befindet sich ein Quecksilbermanometer, an der anderen ein gläserner Behälter *h*, der zum Auffangen von Wasserdämpfen dient, wenn z. B. heisse, wässerige Flüssigkeiten filtrirt werden. Das Wasser kann aus *h* durch einen Pfropfen abgelassen werden. Durch die in *h* eingeschobene Röhre *g* findet die Verbindung mit dem Filtrirkolben *i* statt. Die ganze Vorrichtung ist auf einem Bleche befestigt, das an die Wand des Laboratoriums angeschraubt wird. Alle am Apparate befindlichen Kautschukverbindungen bestehen aus sehr dickwandigen Röhren von geringem Lumen.

Lässt man das Wasser der Wasserleitung durch Oeffnen des Quetschhahns *a* bei *d* abfliessen, so saugt die abfliessende Wassersäule die Luft aus der freien von Wasser umgebenen Oeffnung der Röhre *e* auf und führt sie in Form eines Strahles von Luftblasen mit sich fort. Zu genauerer Regulirung des Wasserzuflusses ist noch ein weiterer Quetschhahn *b* angebracht. Ein solcher ein- für allemal mittelst des Hahns *b* gut regulirter Apparat pumpt in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit beliebig grosse Gefässe genau bis zu dem Quecksilberdruck aus, welcher derjenigen Wasserdampftension gleich ist, die der Temperatur des in der Wasserleitung befindlichen Wassers entspricht. Dieser Druck beträgt z. B. bei den in Heidelberg in Bunsen's Laboratorium befindlichen zum Filtriren benutzten sechs Luftpumpen nicht mehr als ungefähr 7 mm im Winter und 10 mm im Sommer.

Wenn man bei bedeutender Druckdifferenz filtrirt, stellt man, um sich vor den Folgen einer allenfallsigen Zerschmetterung des starkwandigen Filtrirkolbens zu schützen, denselben in einen Becher von Blech, dessen conische Verengerung innen mit drei dicken abwärts laufenden Tuchlappen oder Kautschukstreifen beklebt ist; dadurch ist es ermöglicht, dass in ein und demselben Becher verschieden grosse Kolben von 0·5 bis 2·5 Liter Inhalt gleich feststehen.

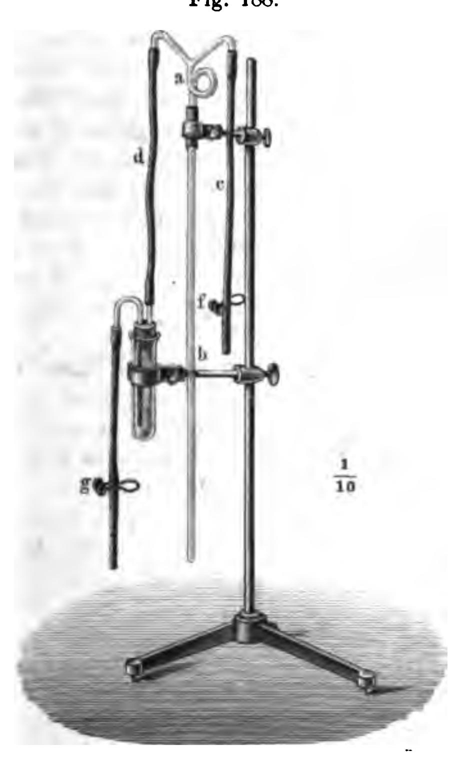
Fig. 187.



Bei Beginn des Filtrirens wird zunächst der Wasserzufluss regulirt, alsdann verbindet man die gebogene Röhre *k* des Filtrirkolbens mit der Wasserluftpumpe durch einen Schlauch und passt das glatte Filter den Trichterwänden genau derart an, dass nach der Benetzung mit Wasser sich nirgends Luftblasen zeigen. Damit die Papierfilter bei grosser Druckdifferenz nicht durchgerissen werden, bringt man in den Trichter ein kleines äusserst dünnwandiges Platintrichterchen, Fig. 187, natürl. Gr., dessen Wände die nämliche Neigung wie der Glastrichter haben und die Spitze desselben genau ausfüllen.

b. **Methode von de Koninck**[1]). De Koninck hat nach dem Principe der Bunsen'schen Wasserluftpumpe einen Saugapparat construirt, Fig. 188, $^1/_{10}$ nat. Gr., den man sich selbst anfertigen kann. Er besteht aus einem Yförmig geblasenen Glasrohr *a*, dessen unterer Schenkel mit einem Rohr *b* von 2 bis 4 mm innerem Durchmesser und etwa 2 m Länge in Verbindung steht. Der obere Theil von *a* ist spiralförmig gebogen. Der eine der oberen Schenkel wird durch einen Kautschuk-

Fig. 188.



schlauch *c* mit der Wasserleitung oder einem Wasserreservoir verbunden, der andere durch die Kautschukschläuche *d* und *g* mit dem Filtrirkolben. Zwischen *d* und *g* ist ein zur Hälfte mit Wasser gefülltes Gefäss eingeschaltet, um den Gang des Apparates anzuzeigen. Der Schraubenquetschhahn *f* dient zur Regulirung des Wasserzuflusses, der Quetschhahn *g* zur Regulirung des Luftstromes.

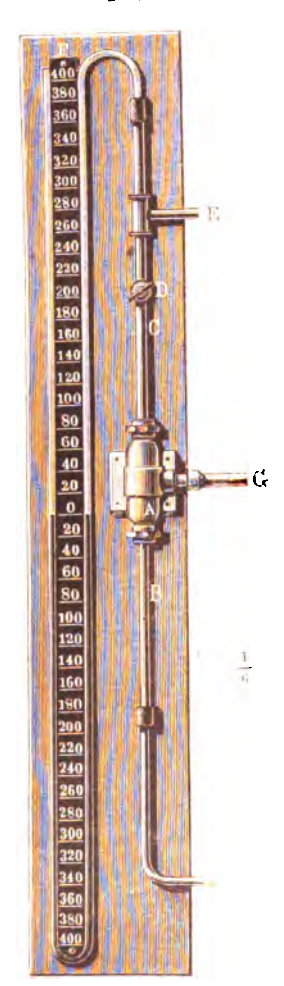
Die Bunsen'sche Pumpe kann nur da Anwendung finden, wo unterhalb derselben ein Gefälle zu Gebote steht. Gestatten die räumlichen

[1]) De Koninck. Ueber einen Saugapparat. Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft zu Berlin, Jahrg. III, S. 286. 1870.

Verhältnisse es nicht, ein solches herzustellen, so empfiehlt es sich die Wasserstrahlpumpe von **Arzberger** und **Zulkowsky** in Anwendung zu ziehen.

c. **Die Wasserstrahlpumpe von Arzberger und Zulkowsky** [1]). Dieselbe besteht aus einem cylindrischen Gefässe *A*, Fig. 189, $^1/_6$ nat. Gr., in welches drei Messingröhren *B*, *C* und *G* eingeschraubt sind. Die Röhre *C* endet in der Mitte des Cylinders *A* in eine feine Spitze und taucht 1 bis $1^1/_2$ mm in das Rohr *B* ein. An *C* ist ein Hahn *D* und oberhalb desselben ein kurzes Seitenrohr *E* angebracht, welches durch einen Kautschukschlauch mit dem zu evacuirenden Gefässe in Verbindung gesetzt werden kann. *C* steht weiter durch einen Kautschukschlauch mit dem Manometer *F* in Verbindung. Das Rohr *G* wird mit der Wasserleitung in Verbindung gesetzt; das Wasser fliesst durch *B* ab.

Fig. 189.



Setzt man die Pumpe in Thätigkeit, indem man Wasser durch *G* in den Apparat einströmen lässt, so wird Luft durch *C* angesogen, die mit dem Wasser in feinen Bläschen durch *B* entweicht. Die Luft wird somit in dem Raume, welcher mit *C* in Verbindung steht, verdünnt. Die Grösse der Luftverdünnung hängt von dem Drucke des zufliessenden Wassers ab; durch entsprechende Druckregulirung lässt sich jeder Grad der Luftverdünnung erzeugen. Der Raum eines Liters wird mit dieser Pumpe in 48 Sekunden evacuirt.

Die Durchbohrung des Hahnes *D* gestattet je nach seiner Stellung sowohl den Raum, welcher evacuirt wurde, für sich abzuschliessen, als auch direct die Verbindung mit der atmosphärischen Luft wieder herzustellen.

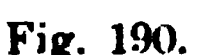
Bei Beginn des Evacuirens ist es geboten, erst den Hahn *D* zu öffnen und dann erst langsam das Wasser zufliessen zu lassen; nach beendeter Evacuirung wird erst der Lufthahn geschlossen und dann

[1]) **Arzberger** und **Zulkowsky**, Ueber eine neue Wasserluftpumpe. **Liebig's** Annal. d. Chem. Bd. 176, S. 327. 1875.

erst der Hahn der Wasserleitung. Man muss diese Vorsicht deshalb beobachten, weil im umgekehrten Falle Wasser nach C gesogen wird.

2. Das Filtriren durch Thonzellen.

Das Filtriren durch Thonzellen geschieht, wenn morphotische Elemente kleinster Art, die durch die Poren des Papierfilters gehen würden, von der Flüssigkeit, in der sie suspendirt sind, getrennt werden sollen, z. B. Blutkörperchen, Milchkügelchen etc., oder wenn Flüssigkeiten von solch klebriger Beschaffenheit, dass sie die Poren des Papierfilters verstopfen, zu filtriren sind. Die Thonzellen wurden zu derartigen Trennungen zuerst von Zahn [1]) in Anwendung gezogen. Man verfährt dabei in folgender Weise. Ueber die Oeffnung einer Thonzelle, Fig. 190, $^1/_6$ nat. Gr., wie solche zu constanten Ketten benutzt werden, wird eine Kautschukkappe mit zwei Ansatzröhren gezogen. In der einen Kappenröhre steckt eine kurze gebogene Glasröhre, in der anderen eine längere, ebenfalls gebogene Glasröhre, die bis auf den Boden der Zelle reicht und durch einen Gummischlauch mit Quetschhahn verschlossen werden kann. Diese Thonzelle wird in ein cylindrisches Glasgefäss, das wenig weiter als die Zelle ist und die zu filtrirende Flüssigkeit enthält, gesetzt. Hierauf wird die kurze Glasröhre mit einer der vorher beschriebenen Filtrationsvorrichtungen verbunden. Gedenkt man bei hohem Drucke zu filtriren, so ist es vortheilhaft, vor dem Ueberziehen der Kautschukkappe auf die Oeffnung des Cylinders ein doppelt durchbohrtes Brettchen zur Stütze der Kautschukkappe zu legen. Die bis auf den Boden der Zelle reichende Glasröhre dient zum Ausheben des Filtrates, wobei natürlich die Verbindung mit der Saugvorrichtung aufgehoben sein muss. Das Glasgefäss wird beim Filtriren bis an den Rand der Kautschukkappe gefüllt.


Fig. 190.



Das in der Thonzelle sich ansammelnde Filtrat ist wasserklar, während sich an der Aussenfläche der Zelle die morphotischen Elemente, Milchkügelchen, Blutkörperchen etc., anlegen.

Kehrer [2]) hat das Verfahren Zahn's dahin modificirt, dass er die eine der Glasröhren durch einen Schlauch mit einer Luftpumpe in Ver-

[1]) Zahn. Untersuchungen über die Eiweisskörper der Milch. Pflüger's Arch. Bd. 2, S. 600. 1869.

[2]) Kehrer. Zur Morphologie des Milchcaseins. Archiv für Gynäkologie Bd. 2, S. 5. 1871.

bindung brachte. Es wird dadurch ein höherer Aspirationszug und folglich eine grössere Filtrationsgeschwindigkeit erzielt, was bei Körpern, die sich rasch zersetzen, von Bedeutung ist.

Steht keine Saugvorrichtung zu Gebote, so kann man das Filtriren der Flüssigkeit durch eine Thonzelle auch dadurch bewerkstelligen, dass man die Flüssigkeit durch die Thonzelle nach aussen drückt. Man zieht dabei zweckmässig den Apparat, Fig. 191, $^1/_6$ nat. Gr, in Gebrauch, den wir bei mancher Gelegenheit mit gutem Erfolg angewandt haben. *A* ist eine Thonzelle, durch einen Kautschukschlauch fest verschlossen; *B* ist eine Woulf'sche Flasche, in deren Tubulus *C* eine gebogene Glasröhre steckt, die eine Verbindung mit *A* herstellt, und in deren Tubulus *D* eine mit Hahn versehene Glasröhre eingefügt ist. Werden nun *A* und *B* mit der zu filtrirenden Flüssigkeit gefüllt und die Pfropfen fest aufgedrückt und giesst man durch den Trichter *E* und den Kautschukschlauch *F* bei

Fig. 191.



geöffnetem Hahn Quecksilber in *B*, so drückt das Quecksilber die Flüssi keit durch die Poren der Thonzelle. Durch den Stand des Trichters an dem Stative *G* und den Hahn bei *D* kann man den Quecksilberdru innerhalb bestimmter Grenzen beliebig variiren. Die Grösse der Tho zelle richtet sich nach der zu filtrirenden Menge.

Nicht alle Thonzellen eignen sich zum Filtriren von Flüssigkeit gleich gut. Ist die Porosität zu gering, so geht das Filtriren trotz se

hohen Druckes nur langsam von statten. Auch ist zu bemerken, dass die Thonzellen manchmal Risse enthalten, die trotz sorgfältiger Durchmusterung mit einer Lupe schwer erkannt werden können.

Wenn man z. B. Bacterien durch Thonzellen abfiltriren will, was zuerst Tiegel[1]) that, so erhält man nur dann vollständig bacterienfreie Filtrate, wenn man Thonzellen anwendet, die absolut tadellos sind. Man überzeugt sich hiervon am besten, wenn man die Thonzelle mit Wasser füllt, und nun das Durchsickern der Flüssigkeit beobachtet. Treten im Verlauf von wenigen Minuten nur an einzelnen Punkten Tropfen heraus, so ist die Zelle nicht zu gebrauchen, weil sie kleine Risse enthält. Dass dem so ist, erfährt man durch folgenden Versuch. Bezeichnet man nämlich diese Punkte mit Bleistift, füllt dann einen solchen Cylinder mit verdünnter Blutlösung an und filtrirt mit Druck, so bemerkt man an diesen Punkten das Durchtreten des rothen Blutfarbstoffes, während an den anderen Stellen nur gelbe Flüssigkeit durchsickert. Bei Thoncylindern, die keine Risse haben, sickert die Flüssigkeit nach einiger Zeit zugleich und gleichmässig durch.

VI. Von der Dialyse.

Bekanntlich hat Graham[2]) ermittelt, dass einer bestimmten Classe von Stoffen, die er Krystalloide nennt, das Vermögen zukommt, in wässeriger Lösung geeignete Membranen zu durchdringen, wenn sich jenseits derselben Wasser befindet, während einer anderen Classe von Stoffen, von ihm Colloide genannt, diese Fähigkeit abgeht. Auf dieses Verhalten gestützt hat Graham eine Scheidungsmethode beider Classen von Stoffen angegeben, die er mit dem Namen Dialyse belegte. Um eine Dialyse auszuführen, benutzt man im Allgemeinen Rahmen von Guttapercha, Glas etc., die mit einer thierischen Haut, vegetabilischem Pergamentpapier etc. überspannt werden, oder Gefässe, deren Boden durch eines dieser Materialien ersetzt ist. Derartige Vorrichtungen werden Dialysatoren genannt. Wir geben anbei die Beschreibung der Dialysatoren von Graham, Kronecker, Wolffhügel und Huizinga.

1. Die Dialysatoren Graham's.

Die Dialysatoren Graham's sind Flaschen, deren Böden abgesprengt ist Fig. 192 (a. f. S.), $1/6$ nat. Gr., oder Reifen aus Guttapercha, Fig. 193,

[1]) Tiegel. Ueber die fiebererregenden Eigenschaften des Microsporon septicum p. 17. 1871.

[2]) Graham. Liquid diffusion applied to analysis. Philosoph. Transact. Vol. 151, P. I, p. 183. 1861. Auch: Anwendung der Diffusion der Flüssigkeiten zur Analyse. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 121. S. 7. 1862.

$^1/_7$ nat. Gr., die mit vegetabilischem Pergamentpapier überzogen werden. Vor dem Gebrauch wird das Papier angefeuchtet und nicht allzu stramm über den äusseren Rand des Dialysators so gespannt, dass es noch einige Centimeter über denselben hervorragt. Als Befestigungsmittel benutzt man Bindfaden oder Kautschukringe. Das Pergamentpapier muss vor dem Versuch stets auf seine Porosität geprüft werden. Man thut dies, indem man Wasser in den Dialysator giesst und zusieht, ob sich nicht auf der unteren Fläche feuchte Stellen zeigen. Solche Fehlstellen verbessert man durch Auftragen von flüssigem Eiweiss und nachherigem Coaguliren desselben durch heisses Wasser. Der Dialysator wird mit der zu dialysirenden Flüssigkeit nur einige Millimeter hoch gefüllt und dann in ein Glasgefäss, das mindestens drei- bis viermal so viel Wasser enthält, in der Art eingesenkt, dass die äussere und innere Flüssigkeitsschicht in gleichem Niveau stehen. Hat man das vegetabilische Pergamentpapier über einen Guttaperchareif gespannt, so lässt man diesen auf dem Wasser schwimmen.

Fig. 192.



Fig. 193.



Die Dialysatoren Graham's wurden im Laufe der Zeit modificirt. So empfiehlt Heynsius [1]) statt der Guttaperchareifen viereckige Gla

[1]) Heynsius, Ueber die Eiweissverbindungen des Blutserums und des Hühnereiweisses. Pflüger's Archiv Bd. IX, S. 526. 1874.

ahmen, Schmidt [1]) bei Gelegenheit seiner Versuche über Eiweisskörper statt des Pergamentpapieres Wechselformularpapier der Firma le la Rue in London, das jedoch vor der Benutzung als dialytische Scheidewand noch besonders zubereitet werden muss. Die Zubereitung besteht darin, dass das Papier zunächst 10 bis 12 Stunden mit verdünnter Salzsäure von 0·25 Proc. extrahirt, hierauf mit destillirtem Wasser zur Entfernung aller Salzsäure gewaschen und dann in eine proc. Leimlösung von 30 bis 40⁰ gelegt wird. Nach kurzem Verweilen n der Leimlösung wird das Papier herausgenommen und zum Trocknen n einer ausgespannten Schnur aufgehängt. Das nach einigen Stunden ziemlich trockene Papier wird auf den Dialysator, da es leichter zerreisslich ist als vegetabilisches Pergamentpapier, mit einiger Vorsicht aufgebunden, der Rand des Papieres manchettenartig über die Schnur zurückgelegt und mit nach oben gekehrtem Boden bei circa 30⁰ weiter getrocknet. Sobald die obere Fläche des Papieres vollkommen trocken ist, wird der Dialysator auf seine Dichtigkeit geprüft. Ist das Papier löcherfrei, so behindert die dünne Leimschicht die Filtration des Wassers vollkommen.

Hat man Flüssigkeiten zu dialysiren, welche leicht in Fäulniss übergehen, so empfiehlt Schmidt glockenförmige Dialysatoren anzuwenden, die nach dem Einfüllen der zu dialysirenden Flüssigkeit zur Erschwerung des Eintrittes der Fäulnisskeime der Luft mit einem Kork verschlossen werden, in welchem eine kurze, unmittelbar über dem Korke spitzwinklig gebogene Glasröhre steckt.

War die Dialyse genügende Zeit im Gange, so findet man in der äusseren Flüssigkeit, dem Dialysate, sämmtliche Krystalloide, während die Colloidsubstanzen, z. B. Eiweiss, Leim, Gummi, Dextrin etc., im Dialysator bleiben.

Bei den eben beschriebenen Dialysatoren ist die dialysirende Flüssigkeit nur an einer Seite mit dem Pergamentpapier in Contact. Da nun die Geschwindigkeit des dialytischen Vorganges neben der Grösse der Oberfläche von der Erneuerung der äusseren Flüssigkeit abhängig ist, so construirten Kronecker und Huizinga Apparate, in denen die dialysirende Flüssigkeit fortwährend mit sich erneuender äusserer Flüssigkeit umspült wird.

2. Der Dialysator Kronecker's.

Dieser Apparat [2]), Fig. 194 (a. f. S.), $1/7$ nat. Gr., besteht aus einem Glasgefässe *A* von etwa 10 cm Höhe, das mit einem Tubulus versehen ist,

[1]) A. Schmidt. Weitere Untersuchungen des Blutserum, des Eiweisses und der Milch durch Dialyse mittelst geleimten Papieres. Pflüger's Archiv Bd. XI, S. 6. 1875.

[2]) Kronecker. Ein Verdauungsofen mit Diffusionsapparat. Beiträge

in dem eine Glasröhre mit einem Glashahn *B* steckt. In dem Glase *A* hängt ein spitzwinkliger Trichter *C*, dessen Ausflussröhre abgeschnitten ist und an dessen Rand mehrere Löcher *d* von 1 cm Durchmesser eingebohrt sind. In dem Trichter liegt lose ein Faltenfilter von Pergament

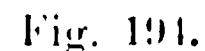
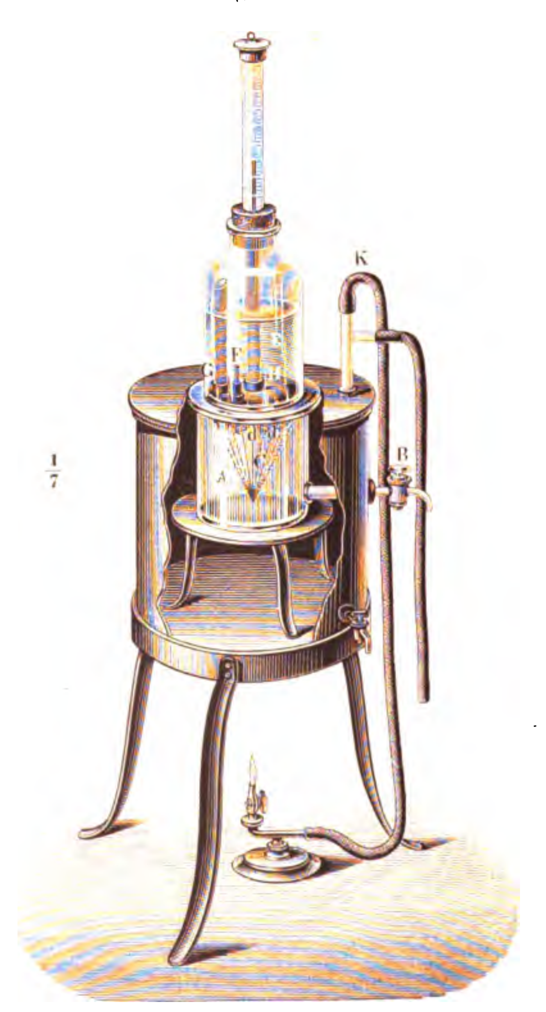


Fig. 194.



$\frac{1}{7}$

papier, welches bis zum Rande reicht. In das Filter kommt die Flüssigkeit, die man der Dialyse unterwerfen will. Damit die in dem Filtrum

zur Anatomie und Physiologie, herausgegeben von Ludwig's Schülern 187
S. CXXX.

befindliche Flüssigkeit fortwährend mit frischer Flüssigkeit von aussen umspült wird, wird auf das Gefäss *A* eine Flasche *E* gestellt, deren Boden auf *A* passt und mit drei Löchern *F G H* versehen ist. In dem Loche *F* befindet sich wasserdicht ein 5 mm weites Glasröhrchen, in dem ein nach unten ausgezogenes Glasstäbchen steckt. Das spitze Ende desselben ragt auf der unteren Seite über das Röhrchen hinaus und wird von der Wand des Trichters gehoben, sobald man die Flasche *E* auf das Diffusionsglas *A* stellt. In dem Loche *G* ist ein Steigrohr befestigt, das unten schräg abgeschnitten ist. In dem centralen Loche *H* steckt ein Thermometer, das durch das Gefäss *E* hindurchgeht. Wird die mit Flüssigkeit gefüllte Flasche *E* auf *A* so gesetzt, dass das Steigrohr wie das Glasstäbchen in *F* ausserhalb des Filters bleibt, so läuft die Flüssigkeit so lange nach *A*, als die Steigrohrmündung durch die ansteigende Flüssigkeitssäule nicht gesperrt wird. In dem Glasgefäss *A* findet eine lebhafte Circulation statt, indem die Flüssigkeit innerhalb des Trichters wegen der durch die Diffusion aufgenommenen Substanzen schwerer als die ausserhalb befindliche durch die Trichtermündung herabsinkt und dünnere Lösung durch die an dem Rande des Trichters befindlichen Löcher eintreten lässt. Will man die Flüssigkeit ausserhalb des Filters erneuen, so kann dies einfach durch Oeffnen des Hahns bei *B* geschehen.

Um die Diffusion in der Wärme vornehmen zu können wird der Apparat in einen Blechbehälter gestellt, der mit Wasser gefüllt ist und dessen Temperatur durch einen Wärmeregulator *K* constant erhalten werden kann. Der Hahn *B* des Glasgefässes *A* durchsetzt mit Hülfe eines Korkes wasserdicht den Blechbehälter. Ein Hahn dient zum Ablassen des Wassers.

Die nämlichen Dienste leistet die einfache Vorrichtung, die Wolffhügel [1]) zu gleichem Zwecke construirte. In einen Glastrichter, dessen Mündung mit einem Kautschukschlauch und einem Glashahn versehen ist, bringt man vegetabilisches Pergamentpapier in der Form eines Faltenfilters. In das Filter kommt die zu dialysirende Flüssigkeit, in den Glastrichter Wasser oder eine sonstige Flüssigkeit, wobei man darauf achtet, dass das Niveau beider Flüssigkeiten gleich ist. Damit keine directe Communication zwischen den beiden Flüssigkeiten stattfindet, füllt man das Pergamentpapierfilter nur bis $^2/_3$ seiner Höhe an. Das Filter macht man am besten aus feuchtem Pergamentpapier, um Einrisse zu vermeiden; auch lässt man aus gleichem Grunde die Falten nicht bis zur Spitze verlaufen. Bringt man den Trichter in ein Wasserbad oder in einen Plantamour'schen Trichter, den wir S. 195 beschrieben haben, so gestattet diese einfache Vorrichtung auch eine Dialyse in der Wärme vorzunehmen.

---

[1]) Wolffhügel. Ueber Pepsin und Fibrinverdauung ohne Pepsin. Pflügers Archiv Bd. VII, S. 189. 1873.

3. Der Dialysator Huizinga's.

Einen Dialysator nach Huizinga [1]) kann man sich jeder Zeit von beliebiger Grösse dadurch herstellen, dass man aus ungefähr 5 mm dicken Platten von Hartgummi sich länglich viereckige Rahmen aussägt. Die Rahmen werden mit Smirgel rauh gerieben und auf beiden Seiten soweit mit feuchtem Pergamentpapier beklebt, dass oben noch ein Raum von einigen Centimetern frei bleibt. Als Klebmittel empfiehlt Huizinga Chromatleim [2]), der die Eigenschaft hat, durch Einwirkung des Lichtes unlöslich zu werden.

Ist der Leim unlöslich geworden, was nach einigen Stunden stets der Fall ist, so prüft man den Dialysator auf seine Dichtigkeit. Zu dem Ende füllt man ihn durch den oberen frei gelassenen Theil mit Wasser und beobachtet, ob nicht irgend wo ein Tropfen hervorquillt. Ist dies der Fall, so wird die undichte Stelle mit Pergamentpapier und Chromatleim geflickt. Hierauf setzt man den Dialysator, um das überschüssige Chromat zu entfernen, einer grösseren Menge destillirten Wassers aus, das man im Verlauf von 24 Stunden mehrmals erneuert. Nach dieser Zeit werden keine nachweisbaren Mengen von Chromat mehr an das Wasser abgegeben. Der Dialysator ist fertig. Derselbe wird mit der zu dialysirenden Flüssigkeit gefüllt und in Wasser aufgehängt.

Die äussere Flüssigkeit, welche den Dialysator *A*, Fig. 195, $^1/_{10}$ nat. Gr., umgiebt, wird dadurch fortwährend erneuert, dass durch zwei Heber beständig Wasser zu- und abfliesst. Der Zufluss geschieht aus der Flasche *B*, der Abfluss durch den Heber *C*. Die Flasche *B* ist mit einem dreifach durchbohrten Kautschukpfropfen versehen. In der einen Durchbohrung steckt der Heber *D*, der bis auf den Boden der Flasche reicht, in der zweiten eine Glasröhre *E*, welche nicht in das Wasser taucht und mit Kautschukschlauch und einer Klemme versehen ist. Dieselbe dient dazu, um durch Blasen den Heber *D* in Wirksamkeit zu bringen. In der dritten Durchbohrung befindet sich eine Glasröhre *F*, die mittelst eines Kautschukschlauches mit einer etwa 1 cm breiten Glasröhre *G* in Verbindung steht, deren unteres Ende schräg abgeschnitten ist, während ihr oberes Ende eine kugelförmige Erweiterung trägt, welche sich etwas höher befindet, als das höchste Flüssigkeitsniveau in der Flasche *B*.

---

[1]) Huizinga. Zur Darstellung des dialysirten Eiweisses. Pflüger's Archiv Bd. XI. S. 393. 1875.

[2]) Zur Bereitung von Chromatleim giebt Huizinga die Vorschrift, 10 g Gelatine in 50 g Wasser zu lösen und mit 0·5 g Kaliumdichromat die in 10 g Wasser gelost sind, zu mischen. Der Leim muss im Dunkeln aufbewahrt werden. Die Mischung kann man nur zwei bis dreimal verwenden, da der Leim durch wiederholtes Erwärmen klumpig und bröcklich wird und sich alsdann nicht mehr glatt aufstreichen lässt.

Der Heber läuft nur, wenn die untere Oeffnung der Röhre *G* frei ist. Sobald dieselbe durch das steigende Wasser verschlossen wird, saugt

Fig. 195.



der Heber das Wasser eine Strecke weit in. die Röhre hinauf und bleibt dann stehen. Der Zufluss stockt; da aber der Abfluss durch *C* ununterbrochen vor sich geht, so tritt bald ein Moment ein, wo die Oeffnung der weiten Röhre *G* wieder frei wird und der Zufluss aus *B* wieder beginnt.

Mit dieser Vorrichtung kann die Umspülung des Dialysators so lange fortgeführt werden, als der Vorrath in *B* reicht. Durch Verstellung der Klemme *H* hat man es in der Gewalt, die Erneuerung der Flüssigkeit langsam oder rascher zu machen. Die Dialysatoren Huizinga's haben den Vorzug, dass die bei der Dialyse auftretenden Niederschläge sich nicht auf das Pergamentpapier absetzen können.

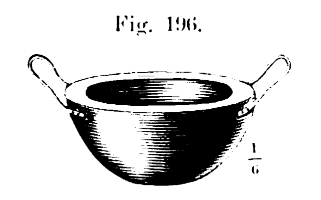
VII. Von den Wasserbädern.

Organische Flüssigkeiten können im Allgemeinen nicht direct über der Gas- oder Spirituslampe erwärmt oder concentrirt werden; man bedient sich zu diesem Zwecke der Wasserbäder, von denen man je nach der Art und Weise, in welcher das Wasser, das beim Erhitzen in Dampfform entweicht, ersetzt wird, solche mit inconstantem und solche mit constantem Niveau unterscheidet.

1. Wasserbäder mit inconstantem Niveau.

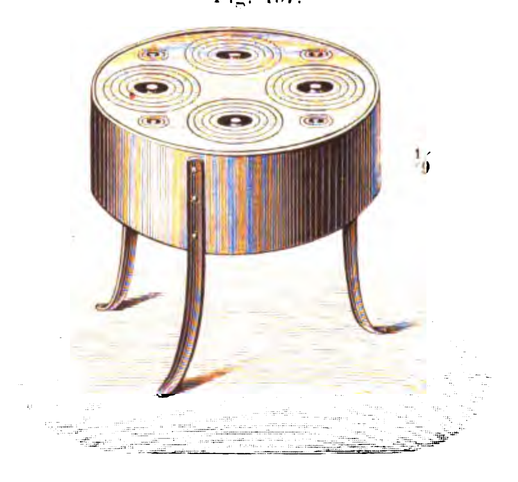
Als solches kann jedes offene Metallgefäss, in dem Wasser erhitzt werden kann, benutzt werden. Gewöhnlich haben indessen derartige Gefässe die von Berzelius [1]) herrührende Form von Fig. 196, 1/6 nat. Gr. Sie bestehen aus Kupferblech und werden beim Gebrauche zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Um auf das Wasserbad Schalen von verschiedener Grösse setzen zu können, sind dieselben mit mehreren Einsatzringen versehen. Die Erwärmung geschieht durch eine Spiritus- oder Gaslampe.

Fig. 196.



Statt dieser Wasserbäder, die jedoch nur eine Schale auf denselben anzubringen gestatten und stete Beaufsichtigung erheischen, wendet man zweckmässig Wasserbäder von grösseren Dimensionen an, auf die man zu gleicher Zeit mehrere Schalen setzen kann. Ein derartiges Wasserbad construirte z. B. Ullgren [2]). Ein Wasserbad, wie es seit Jahren im

Fig. 197.



physiologischen Institute zu Breslau in Gebrauch ist, zeigt Fig. 197 1/9 nat. Gr. Dasselbe ist aus starkem Zinkblech gefertigt und fasst 1 bis 12 Liter Wasser, das alle 12 Stunden erneuert werden muss.

[1]) Berzelius. Lehrbuch der Chemie, übersetzt von Wöhler, Bd. 1 S. 228. 1841.

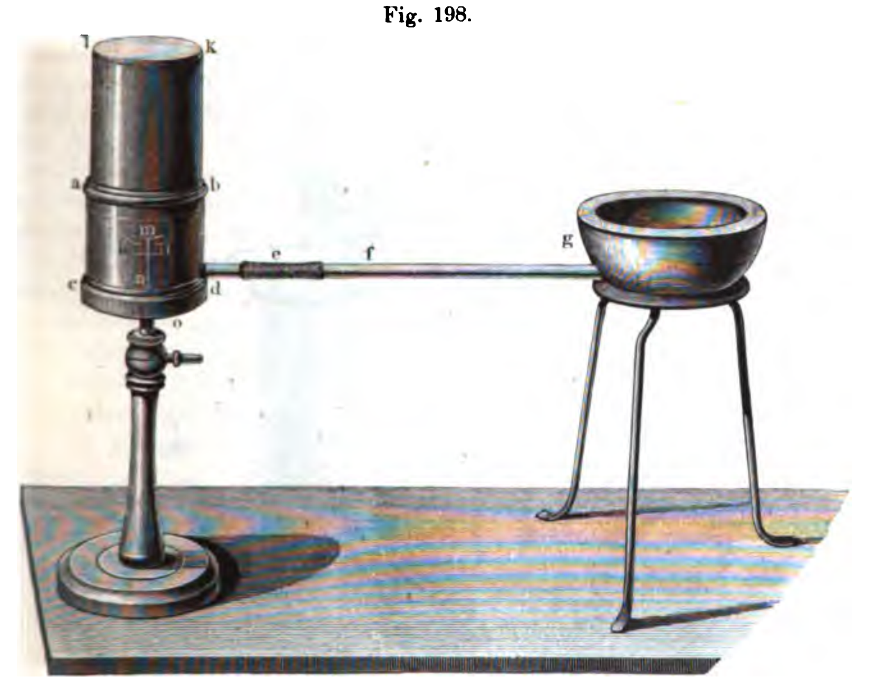
[2]) Ullgren. Wasserbad für mehrere kleine Addampfschalen, mit nur einer einfachen Gaslampe erwärmt. Zeitschr. für analyt. Chem. Jahrg. VIII, S. 4 1869.

2. Wasserbäder mit constantem Niveau.

Wasserbäder mit constantem Niveau, bei welchen sich das Wasser von selbst in dem Maasse erneut, als es beim Erhitzen entweicht, construirten Fresenius, Bunsen und Kekulé.

a. Wasserbad mit constantem Niveau nach Fresenius [1]). Ein Zinkgefäss *abcd*, Fig. 198, 1/9 nat. Gr., von ungefähr 10 cm Höhe,

Fig. 198.



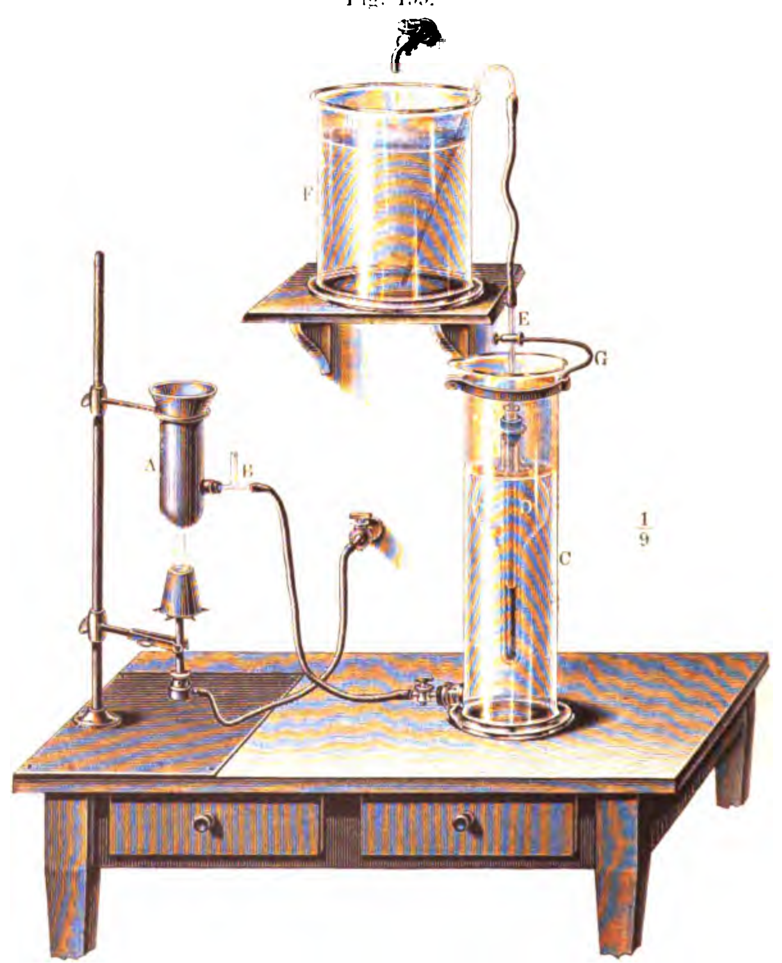
das mit einem seitlichen Ansatzrohr versehen ist, wird durch einen Kautschukschlauch *e* mit dem kupfernen Ansatzrohr *f* des Wasserbades *g* verbunden. Auf dieses Zinkgefäss wird eine Flasche *lkhi*, das durch ein Ventil *mn*, wie solches bei Oellampen gebräuchlich, verschlossen werden kann, voll Wasser umgekehrt aufgesetzt. Beim Aufsetzen der Flasche auf *abcd* öffnet sich das Ventil, indem der Draht *n* unten aufstösst. Durch Höher- oder Niederstellen des Stativs *o* gelingt es bald, ein beliebiges Niveau in *g* herzustellen, welches sich so lange, als noch Wasser in *lkhi* vorhanden ist, unverändert erhält.

---

[1]) Fresenius. Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse, Bd. I, S. 78. 1875.

b. Wasserbad mit constantem Niveau nach Bunsen. Dieses Wasserbad besteht aus einem kupfernen Gefässe *A*, Fig. 199, 1/9 nat. Gr., das oben zur Aufnahme von Schalen etc. trichterförmig erweitert und an der Seite mit einem Tubulus versehen ist. In dem Tubulus steckt eine ⊥ förmige Blechröhre *B*, die als Wasserstandszeiger für *A* dient und durch einen Kautschukschlauch mit dem Wasserstandsregulator *C* ver-

Fig. 199.



bunden ist. *C* besteht aus einem grösstentheils mit Wasser gefüllten Glascylinder, in dem sich ein Schwimmer *D* befindet, der mit dem Wasserstand sinkt oder steigt. Der Schwimmer besteht aus einem in der Mitte bauchig erweiterten Gefässe, in das eine gerade Glasröhre mittelst eines Korkes luftdicht eingefügt ist. Diese innere Röhre ist in ihrem unteren Theile mit Quecksilber gefüllt, wodurch der Schwimmer stets aufrecht

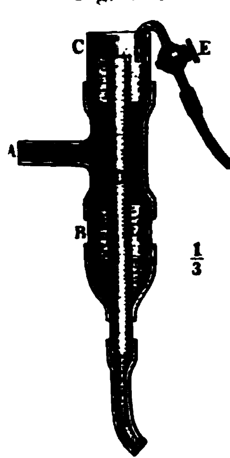
und in gewisser Tiefe schwimmend erhalten wird. In das Quecksilber taucht eine dünne Glasröhre *E* ein, die mit dem Wasserreservoir *F* durch einen Kautschukschlauch in Verbindung steht. *E* ist an dem Drahte *G*, der mit einer Klemmschraube versehen ist, befestigt.

Da *A* und *C* mit einander durch einen Kautschukschlauch verbunden sind, so ist der Wasserstand in beiden Gefässen gleich hoch. Sinkt nun der Wasserstand in *A* durch Verdampfen des Wassers, so sinkt er auch im Cylinder *C* und damit auch der Schwimmer. Ist dieser bis zu einem gewissen Punkte gesunken, so tritt die Röhre *E* soweit aus dem Quecksilber heraus, dass der von dem Wasser in dem Reservoir ausgeübte Druck grösser wird als der des Quecksilbers; es tritt alsdann Wasser aus dem Wasserreservoir durch *E* nach *C* und von da nach *A*. Damit steigt auch der Schwimmer wieder, die Röhre *E* taucht wieder tiefer in das Quecksilber ein und der dadurch vermehrte Druck schliesst den weiteren Zufluss von Wasser ab. Das Füllen des Wasserreservoirs geschieht zweckmässig direct durch einen Hahn der Wasserleitung, welcher oberhalb desselben angebracht wird.

Die Höhe, bis zu welcher das Wasser in dem Wasserbade constant erhalten wird, kann man sowohl durch die in *D* befindliche Menge Quecksilber als auch dadurch reguliren, dass man die Röhre *E* etwas höher oder tiefer in *G* befestigt.

Bei den früher von Bunsen [1]) angegebenen Wasserbädern ging mitten durch den Kupfercylinder eine Röhre, in welche ein Bunsen'scher Brenner gestellt wurde. Die Röhre mündete oben neben der trichterförmigen Erweiterung des Kupfercylinders nach aussen.

Fig. 200.



c. Wasserbad mit constantem Niveau nach Kekulé [2]). Bei diesem Wasserbade, dessen Betrieb jedoch eine Wasserleitung voraussetzt, wird das Niveau des Wassers durch eine Vorrichtung constant erhalten, die Fig. 200, $1/3$ nat. Gr., versinnlicht. *A* ist ein kupfernes ⊥ förmiges Rohr, das in eine Seitenwandung des Wasserbades eingefügt ist. In die rechtwinkligen Fortsätze von *A* sind beiderseits kurze Glasröhren *B* und *C* eingekittet, weiter ist in *B* vermittelst eines Kautschukschlauches eine verschiebbare Glasröhre *D* eingesteckt. Ihr oberer Rand bestimmt die Höhe des Wasserstandes im Wasserbade. Durch die mit einem Hahn versehene Röhre *E* fliesst Wasser in die Vorrichtung und

[1]) Wahl. Sich selbst regulirende Wasserbäder. Nach einem Referate von Casselmann. Zeitschr. f. analyt. Chem. Jahrg. X, S. 88. 1871.

[2]) Fresenius. Wasserbäder von constantem Niveau. Zeitschr. f. analyt. Chem. Jahrg. XI, S. 189. 1872.

das Wasserbad; durch die Röhre *D* fliesst das überschüssig eintretende Wasser ab. Man stellt den Hahn *E* so, dass stets etwas Wasser zuviel einströmt.

Ein Wasserbad mit constantem Niveau, das vorzüglich in Amerika gebräuchlich ist, aber vor den eben beschriebenen keinen Vorzug besitzt, construirte Smith [1]). Man findet die Beschreibung dieses Wasserbades am angegebenen Orte.

---

[1]) Smith. Eine Vorrichtung um in den Wasserbädern eines Laboratoriums einen gleichen Wasserstand zu erhalten. Nach einem Referate von Fresenius. Zeitsch. f. analyt. Chem. Jahrg. XI, S. 305. 1872.

Drittes Capitel.

Von einigen technischen Verrichtungen.

Für jeden, der in einem Laboratorium arbeitet, ist es von grösstem Werthe, wenn er nicht nur die Apparate, die er zu seinen Versuchen braucht, unabhängig von der Hülfe anderer selbst in Stand zu setzen, sondern auch die nothwendigen Einrichtungen, die jeweilen durch die Art des Versuchs bedingt sind, selbst zu treffen vermag. Dazu bedarf er neben dem Verständniss der Apparate in den meisten Fällen Kenntniss und Fertigkeit in einigen technischen Verrichtungen; er muss etwas von der Bearbeitung des Glases, des Korkes, etwas vom Kitten etc. verstehen und sich in diesen Dingen praktisch geübt haben. In diesem Capitel nun sollen diejenigen technischen Manipulationen erörtert werden, die ihn in Stand setzen, die Vorrichtungen zu seinen Versuchen selbst zu treffen. Es leuchtet ein, dass damit ein gedeihliches Arbeiten in einem physiologischen Laboratorium nicht unbeträchtlich erhöht wird.

I. Von der Bearbeitung des Glases.

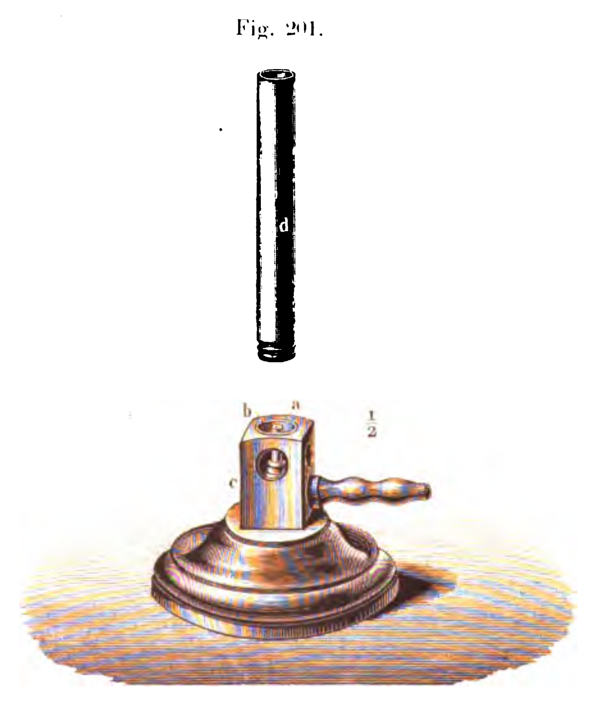
Die Arbeiten, die zu physiologischen Zwecken mit Glas vorzunehmen sind, sind mannigfaltiger Art. Bei den verschiedensten Veranlassungen und den verschiedensten Versuchen ereignet es sich, dass etwas aus Glas herzustellen ist. Wir geben anbei einige Handgriffe und Winke, wie man bei der Bearbeitung des Glases zweckmässig verfährt. Wir berichten zunächst von den Arbeiten, die vor der Lampe vorzunehmen sind, dann vom Glasschneiden, dem Glassprengen, vom Glasbohren, dem Glasschleifen und dem Schreiben auf Glas.

1. Von der Bearbeitung des Glases vor der Lampe.

Den Ausgangspunkt für die Behandlung des Glases vor der Lampe bilden in den meisten Fällen die käuflichen Glasröhren. Dieselben eignen sich dann am besten zur Bearbeitung, wenn sie von weissem Glase, gerade und rund sind; ovale eignen sich weniger gut; die Glasröhren müssen vollkommen rein und frei von Staub und Feuchtigkeit sein. Die geringste Feuchtigkeit in denselben kann Ursache werden, dass sie springen. Das Erhitzen der Röhren nimmt man am besten auf einem Bunsen'schen Brenner oder einem Bunsen'schen Gebläse vor.

Der Bunsen'sche Brenner, Fig. 201, 1/2 nat. Gr., besteht aus einem gewöhnlichen Kreuzschnittbrenner *a*, der sich im Mittelpunkte der cylindrischen Höhlung *b* zu gleicher Höhe mit der Oberfläche des Würfels *c*

Fig. 201.



erhebt [1]). Die cylindrische Höhlung communicirt mit der äusseren Luft durch vier 7 mm breite Löcher. Wird in *b* die 76 mm lange Röhre *d*

[1]) Bunsen und Roscoe. Photochemiche Untersuchungen. Poggendorff's Annal. Bd. 100, S. 85. 1857.

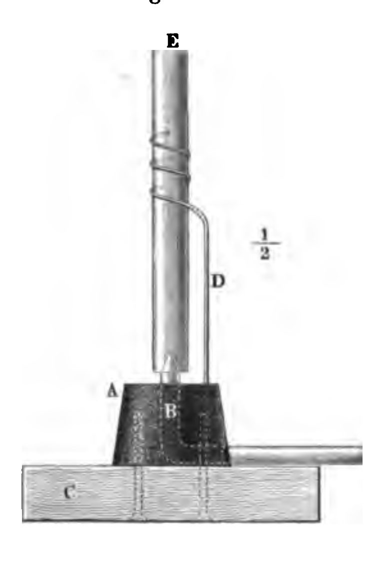
eingeschraubt und lässt man Leuchtgas von dem Brenner *a* durch dieselbe strömen, so saugt es durch die vier seitlichen Löcher des Würfels *c* soviel Luft auf, dass es an der Mündung der Röhre *d* mit nicht leuchtender völlig russfreier Flamme verbrennt.

Die Flamme des Bunsen'schen Brenners kann durch Oeffnen des Gashahns beliebig regulirt werden. Häufig ist statt des hohlen Würfels *c* ein hohler Cylinder angebracht, um den eine Hülse mit ringförmigen Ausschnitten drehbar befestigt ist, durch welche der Luftzutritt vermehrt oder vermindert werden kann. In neuerer Zeit versieht man die Bunsen'schen Brenner mit einer Vorrichtung, durch welche neben dem Luftzutritt auch der Gaszutritt zu der Lampe regulirt werden kann. Diese Einrichtung rührt von Finkener her.

Jeder Zeit kann man sich einen Bunsen'schen Brenner in einfachster Weise nach Vogel [1]) dadurch herstellen, dass man in einem durchbohrten Kork *A*, Fig. 202, $^1/_2$ nat. Gr., das zu einer Spitze ausgezogene gebogene Glasröhrchen *B* einsetzt und den Kork auf das Brettchen *C* mit

Fig. 203.

Fig. 202.



Hülfe zweier Nägel, die vorher in das Brettchen getrieben wurden, aufsteckt. Ueber *B* befestigt man eine Glasröhre *E* mittelst eines oben spiralig gewundenen Kupferdrahtes *D*. Die Grösse der Flamme richtet sich nach dem Lumen der ausgezogenen Glas-

[1]) Vogel. Beschreibung eines leicht aus Glasröhren zu construirenden Bunsen'schen Brenners. Poggendorff's Annal. Bd. 111, S. 634. 1860.

röhre B; den Luftzutritt regulirt man durch Auf- und Niederschieben der Glasröhre E innerhalb der Windungen von D. Der Raum zwischen dem Kork A und der Glasröhre E darf nicht allzu gross sein, sonst schlägt die Flamme leicht zurück.

Die Flamme[1]) des Bunsen'schen Brenners setzt sich aus drei Theilen zusammen: 1) dem dunklen Kegel *abc*, Fig. 203 (a. v. S.), 1/2 nat. Gr., welcher die kalten, mit ungefähr 62 Proc. atmosphärischer Luft gemengten Leuchtgase enthält, 2) dem Flammenmantel *aebd*, der von dem brennenden mit Luft gemengten Leuchtgase gebildet wird, 3) der leuchtenden Spitze *d*, welche die normal bei geöffneten Zuglöchern brennende Lampe nicht zeigt, die aber sofort auftritt, sobald der Zutritt der Luft durch die Zuglöcher beschränkt wird. Etwas oberhalb des ersten Drittels der ganzen Flammenhöhe, gleichweit von der äusseren und inneren Begrenzung des Flammenmantels entfernt, bei *f*, herrscht die höchste Temperatur, die nach Bunsen[2]) durchschnittlich zu 2300° C. geschätzt werden kann.

In der Flamme des Bunsen'schen Brenners können eine Reihe von Glasarbeiten vorgenommen werden; genügt die Flamme jedoch nicht, so muss man ein Gebläse anwenden, d. h. eine Vorrichtung, durch welche atmosphärische Luft in reichlicher Menge mit Gewalt mitten in das ausströmende Leuchtgas hineingepresst wird. Eine derartige gebräuchliche Vorrichtung ist das Bunsen'sche Gebläse[3]). Dasselbe besteht aus einer mit Hahn versehenen Röhre G, Fig. 204, 1/2 nat. Gr., welche sich rechtwinklig an eine weitere Röhre a ansetzt, die mittelst eines Zapfens um ein Stativ drehbar befestigt ist. Mitten durch dieses Rohr a, Fig. 205, 1/2 nat. Gr., läuft ein zweites engeres Rohr $b\,b$, durch welches atmosphärische Luft durch irgend eine Vorrichtung mit Gewalt in das Gas, das durch die Röhre G eintritt, hineingepresst wird. Die Flamme kommt auf diese Weise allseitig sowohl am Rande als auch in der Mitte mit soviel Sauerstoff in Berührung, dass die Kohlenwasserstoffe des Leuchtgases vollständig verbrennen. Die Hitze, die dadurch erzeugt wird ist ganz enorm. Der Hitzegrad der Flamme wird theils durch die Stellung der Hähne, theils durch ein Rohr regulirt, das sich über die Ausströmungsöffnung der Flamme hin- und herschieben lässt.

Das Einpressen der atmosphärischen Luft kann durch einen doppelten Blasebalg oder durch einen Kautschukbeutel mit Ventilen geschehen die beide mit dem Fusse getreten werden. In wohl eingerichteten Instituten bedient man sich jedoch zu diesem Zwecke des Wassertrommel

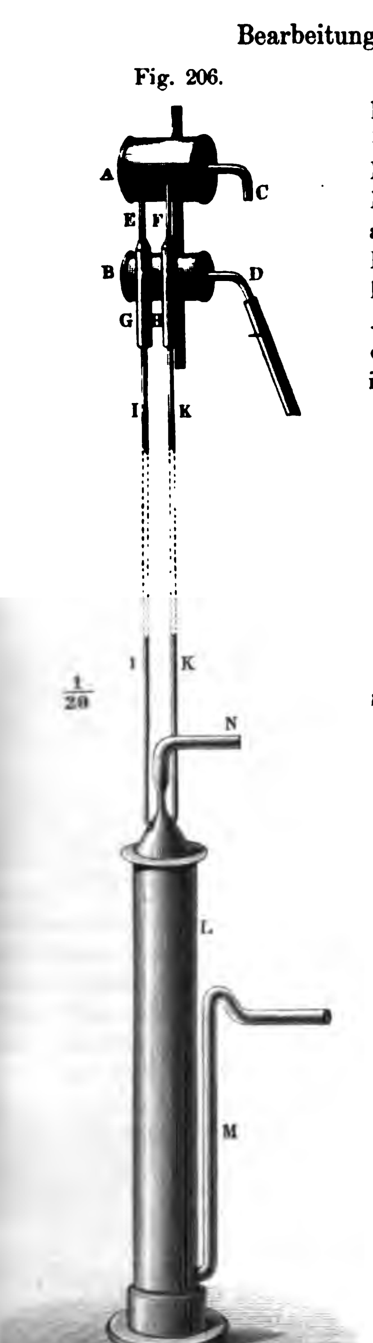
---

[1]) Bunsen. Flammenreactionen. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 138 S. 258. 1866.

[2]) Bunsen. Löthrohrversuche. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 111 S. 260. 1859.

[3]) Desaga. Ueber den neuen Gasbrenner, welchen sich der Gasingenieur Elsner patentiren liess. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 143, S. 341. 1857

Fig. 206.



gebläses. Dasselbe besteht aus zwei kurzen Cylindern *A* und *B*, Fig. 206, $^1/_{20}$ nat. Gr., die mit zwei seitlichen Röhren *C* und *D* versehen sind. Die Röhre *C* mündet frei, die Röhre *D* aber steht mit der Wasserleitung des Hauses in Verbindung. Aus dem Cylinder *A* gehen zwei Röhren *E* und *F* in die mit dem Cylinder *B* verbundenen weiteren Röhren *G* und *H*, die ihrerseits wieder in die Bleiröhren *I*

Fig. 204.

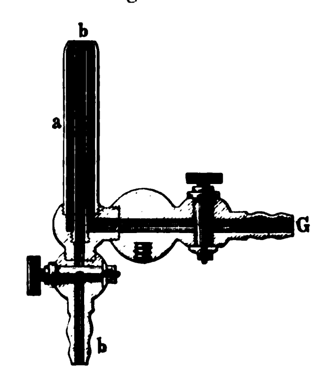


Fig. 205.



und K übergehen. I und K münden in den Cylinder L, an dessen Boden eine weitere Röhre M befestigt ist, die jedoch über die halbe Höhe des Cylinders hinaufgebogen ist. An der Spitze des Cylinders ist eine Röhre N angebracht. Der Cylinder L steht auf dem Fussboden, während die Cylinder A und B möglichst hoch nahe an der Decke des Zimmers befestigt werden.

Lässt man beim Gebrauche Wasser durch D in den Cylinder B einströmen, so reisst dasselbe beim Sturze durch die Röhren G und H nach unten aus den Röhren E und F Luft mit. Dieses mit Luft gemischte Wasser fliesst durch die Röhren I und K in den Cylinder L, in welchem das Wasser in dem unteren, die mitgerissene Luft aber in dem oberen Theile sich ansammelt. Ist der Cylinder über die Hälfte mit Wasser gefüllt, dann fliesst es durch die Röhre M ab. Wird nun die Röhre N durch welche die mitgerissene Luft entweichen soll, ganz oder theilweise geschlossen und alsdann mit dem Bunsen'schen Gebläse verbunden, so strömt die comprimirte Luft mit Macht in dasselbe; die Stärke des Luftstromes kann durch den Wasserzufluss regulirt werden; von grossem Einfluss ist auf denselben die Entfernung der Röhren I und K von dem Cylinder L.

Den physikalischen Vorgang bei der Thätigkeit des Apparates haben Magnus [1]) und Buff [2]) zu erläutern gesucht, auf deren Abhandlungen wir hiermit hinweisen. Nach Grignon [3]) wurde das Wassertrommelgebläse um das Jahr 1640 in Italien erfunden.

Die vorzüglichsten Arbeiten, die mit den Glasröhren vor der Lampe vorzunehmen sind, sind das Biegen derselben, das Ausziehen, das Abschmelzen und Erweitern ihrer Mündungen, das Zusammenschmelzen, das Verfertigen einer Kugel an den Enden oder in der Mitte derselben.

a. **Das Biegen der Glasröhren.** Dasselbe geschieht dadurch dass man die vorher erwärmte Glasröhre zunächst eine Zeit lang in der Flamme unter fortwährendem Umdrehen hin- und herschiebt; alsdann hält man die Stelle der Röhre, wo dieselbe gebogen werden soll, in die Flamme und dreht gleichfalls beständig. Ist die Stelle weich geworden so nimmt man die Röhre aus der Flamme, biegt sie ein wenig und bringt sofort den neben dem Bug liegenden Theil in die Flamme; ist dieser Theil weich geworden, so biegt man wieder ein wenig und bringt den nächsten Theil in die Flamme etc. Auf diese Weise fährt man so lange fort, bis die Schenkel der Röhre im gewünschten Winkel zu einander stehen.

[1]) Magnus. Ueber die Bewegung der Flüssigkeiten. Poggendorff Annal. Bd. 80, S. 32. 1850.

[2]) Buff. Ueber das Wassertrommelgebläse. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 79, S. 249. 1851.

[3]) Grignon. Mémoires de physique sur l'art de fabriquer le fer, d'en fondre et forger des canons d'artillerie p. 196. 1775.

Der Bug hält nur dann, wenn er möglichst rund und ohne Einknickung der Glaswand ausgeführt wurde. Hat während des Biegens eine Einknickung der Glaswand stattgefunden, so kann man häufig diesem Uebelstande dadurch abhelfen, dass man das eine Ende der Röhre verschliesst und nachdem die eingeknickte Stelle in der Flamme stark erhitzt ist, in das andere Ende bläst. Die in die Röhre eingepresste Luft buchtet alsdann die Fehlstelle aus.

Weitere Glasröhren biegt man dadurch, dass man sie mit Sand füllt und auf Kohlenfeuer erhitzt. Man baut sich zu diesem Zwecke eine Rinne aus Ziegelsteinen und umgiebt in derselben die Stelle, wo man biegen will, mit glühenden Kohlen. Ist die Röhre hinlänglich erhitzt, so nimmt man sie aus dem Feuer und biegt.

b. **Das Ausziehen der Glasröhren.** Man nimmt dasselbe in der Weise vor, dass man die Stelle, wo das Ausziehen stattfinden soll, in die Flamme hält und dabei fortwährend dreht. Ist die Stelle gleichmässig erhitzt, so nimmt man die Röhre aus der Flamme und zieht sie auseinander. Die Kraft, mit der dieses zu geschehen hat, richtet sich nach der Weite, die man der verjüngten Röhre geben will. Soll eine Glasröhre zu einer dünnen Capillare ausgezogen werden, so muss das Auseinanderziehen rasch vor sich gehen; hat man dagegen eine Glasröhre von grösserem Durchmesser zu einem geringeren zu verjüngen, so muss man die Röhre fortwährend in der Flamme halten und in dem Maasse, als man dieselbe auszieht, neue Theile in die Flamme zum Erweichen bringen.

c. **Das Zuschmelzen der Glasröhren.** Dieses geschieht dadurch, dass man das Ende, das verschlossen werden soll, zunächst heiss macht und daran eine abgängige andere Glasröhre anschmilzt. Hierauf erhitzt man die Stelle, wo die Röhre zugeschmolzen werden soll, und zieht rasch ab. Man bricht die Spitze ab und rundet das Ende in der Flamme unter fortwährendem Umdrehen. Glasröhren von geringerem Lumen braucht man nicht vorher auszuziehen, man kann sie direct in die Flamme halten und zum Zuschmelzen bringen.

d. **Das Erweitern der Enden der Glasröhren.** Man bewerkstelligt dies dadurch, dass man den Rand derselben stark erhitzt und ihn entweder mit einem runden Eisen, das in Oel getaucht wurde, nach aussen drückt, oder dadurch, dass man ihn vermittelst einer runden nach Bedürfniss mehr oder weniger stumpf zugespitzten Kohle, Fig. 207, $^1/_2$ nat. Gr., ausweitet. Hierzu wählt man am besten harte, dichte, schwer brennende Kohlen aus.

Fig. 207.

e. **Das Zusammenlöthen von Glasröhren.** Sollen zwei Röhren zusammengelöthet werden, so ist es am zweckmässigsten, wenn man zunächst je ein Ende der beiden Röhren zuschmilzt und alsdann die zugeschmolzenen Enden rasch und stark aufbläst, wodurch das Glas zu einem ganz

dünnen Häutchen aufgetrieben wird. Man nimmt dasselbe weg und ver schliesst hierauf an einer Glasröhre das andere Ende. Alsdann hält man di aufgeblasenen Enden der beiden Röhren zu gleicher Zeit unter fort währendem Umdrehen in die Flamme und drückt sie, wenn sie genügen heiss sind, genau und gleichförmig auf einander. Man erhitzt die an einander haftenden Röhren abermals und bläst in das offene Ende de Röhren. Es entsteht eine kleine Ausbuchtung. Durch erneutes Erhitze sinkt die Ausbuchtung wieder ein. Dieses Erhitzen und Aufblase wiederholt man so lange, bis die Löthstelle glatt ist. Unterlässt ma dieses, so springt die Röhre leicht an der Verbindungsstelle.

Hat man an einer Glasröhre seitlich eine andere anzuschmelzen, z. l eine T förmige Röhre anzufertigen, so erhitzt man die Stelle, wo d Löthung erfolgen soll und berührt sie mit einem ebenfalls erhitzte Röhrchen. Dieses Röhrchen haftet sofort an und man zieht die Stel aus. Man erhitzt diese Stelle aufs neue und bläst sie zu einem dünne Häutchen auf, so dass nach Wegnahme derselben eine Oeffnung mit au gebogenem Rande entsteht. Hierauf verschliesst man das andere En dieser Röhre. An der Röhre, die angeschmolzen werden soll, wird nämlicher Weise ein ausgebogener Rand erzeugt. Beide Ränder werd zu gleicher Zeit erhitzt und aufeinander gedrückt. Ist dieses geschehe so schmilzt man sorgsam die einzelnen Theile der Ränder aneinand indem man Punkt für Punkt der Löthung durch wiederholtes Erhitz und Aufblasen innig mit einander verschmilzt. Unterlässt man die wiederholte Erhitzen und Aufblasen, so springt das Glas stets an d gelötheten Stelle.

Manchmal ereignet es sich, dass eine kleinere Röhre in eine gröss einzuschmelzen ist [1]). Zu diesem Zwecke sammelt man zunächst an Stelle der kleineren Röhre, wo die Einschmelzung stattfinden soll, G an, indem man das erhitzte Glas von den Enden her zusammendrüc Hierauf erhitzt man das eine Ende der weiteren Röhre und ebenso gebildeten Wulst der kleineren. Sind beide erweicht, so schiebt m die kleinere Röhre in die weitere und bringt Wulst und erweichten R der weiteren Röhre zu gegenseitigem Haften. Die Löthung vollen man alsdann durch wiederholtes Erhitzen und Aufblasen durch kleinere oder weitere Röhre, nachdem jeweilen die Gegenöffnung du Kork, Kautschukschlauch mit Klemme etc. verschlossen wurde.

f. Das Blasen von Kugeln. Soll am Ende einer Röhre Kugel angeblasen werden, so schmilzt man die Röhre zunächst zu erhitzt das Endstück auf eine grössere Strecke, um die für die Ku erforderliche Glasmasse zu bekommen. Ist das Glas weich, so nin man die Röhre aus der Flamme und bläst anfangs sachte, dann im stärker in dieselbe; dabei hält man das Endstück nach abwärts

[1]) Gscheidlen. Ueber die Abiogenesis Huizinga's. Pflüger's Ar Bd. 9, S. 167. 1874.

bewegt die Röhre fortwährend vertical im Munde. Ist die Kugel zu schwach im Glase, so schmilzt man sie zusammen und bringt noch etwas Glas von der Röhre zum Erweichen.

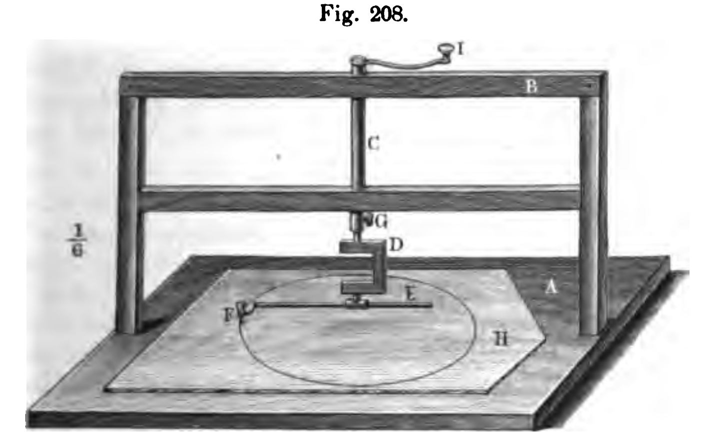
Hat man in der Mitte einer Röhre eine Kugel anzubringen, so erhitzt man die Stelle, wo die Kugel hinkommen soll, nimmt die Röhre nach dem Erweichen aus der Flamme und drückt sie zu beiden Seiten nach der Mitte zusammen, was man Aufstauchen nennt. Hat man das Aufstauchen mehrmals bei nicht allzu sehr erweichtem Glase vorgenommen und hat man auf diese Weise eine hinlängliche Glasmasse angesammelt, so verschliesst man das eine Ende, erhitzt die aufgestauchte Glasmasse und bläst anfangs schwach, später immer stärker in das andere Ende der Röhre. Man muss dabei sehr darauf achten, beide Endstücke beim Blasen einander gegenüber zu halten, ohne sie auseinander zu ziehen oder ineinander zu drücken. Soll die Kugel länglich werden, so muss man sie beim Blasen etwas auseinander ziehen.

Das Ansetzen einer seitlichen Röhre an eine Kugel geschieht ebenso wie das Anschmelzen eines seitlichen Ansatzstückes an eine Röhre.

2. Von dem Schneiden des Glases.

Das Schneiden von Glastafeln geschieht mittelst des Diamanten. Soll ein Schnitt in gerader Richtung geführt werden, so setzt man den Diamanten senkrecht auf die Glasfläche auf und führt ihn mit gelindem Drucke dem Lineale entlang. Das Glas wird dem Schnitte entsprechend gebrochen. Sollen kreisrunde oder ovale Platten aus Tafelglas ausgeschnitten werden, so wendet man am besten folgenden einfachen Apparat an. Auf einer hölzernen Platte *A*, Fig. 208, $^1/_6$ nat. Gr., ist

Fig. 208.



ein Rahmen *B* gleichfalls von Holz senkrecht eingelassen. In der Mitte von *B* ist eine Axe *C* drehbar befestigt. In dem unteren Ende dieser Axe ist ein Bügel *D* verschiebbar; derselbe trägt gleichfalls verschiebbar die Leiste *E* mit dem Diamanten *F*. *D* kann in *C* mittelst der Schraube *G* festgestellt werden, ebenso *E* mittelst einer Schraube in dem Bügel *D*. Will man mit diesem Apparate eine kreisrunde Platte z. B. aus dem Tafelglas *H* ausschneiden, so bringt man dasselbe auf das Brett *A*, und stellt *E* so ein, dass die Entfernung des Diamanten *F* von der Axe *C* dem Radius der gewünschten kreisrunden Platte gleich ist. Hierauf fixirt man die Glasplatte mit der einen Hand und dreht den Diamanten mittelst der Kurbel *I* im Kreise. Die erhaltene kreisrunde Platte wird nun aus dem Tafelglase ausgebrochen. Hat man Ellipsen auszuschneiden, so müssen dieselben vorher auf das Tafelglas aufgezeichnet werden, damit man mit dem Diamanten die Grenzen derselben genau umfahren kann.

Steht kein derartiger Apparat zur Verfügung, so gelingt es unter Umständen kleine ovale Flächen aus dünnem Tafelglas dadurch herzustellen, dass man dasselbe tief unter Wasser hält und nun mit einer gewöhnlichen Papierscheere die Ecken abschneidet. Die Scheere darf nur sehr wenig geöffnet sein und muss auf jeden Druck weiter geschoben werden. Das Wasser hat den Zweck, die Schwingungen oder Erschütterungen im Glase zu mildern und so dessen Zerspringen vorzubeugen.

Eine Glasscheere, mittelst deren man ovale oder kreisrunde Flächen aus Tafelglas frei in der Hand ausschneiden kann, hat Karmarsch[1] beschrieben. Dieselbe hat jedoch, obwohl sie von Karmarsch sehr gerühmt wird, wenig Eingang gefunden.

3. Vom Glassprengen.

Das Abschneiden von Glasröhren, das Absprengen des Bodens einer Flasche etc., sind Arbeiten, die häufig wiederkehren. Die Methoden, die man dabei anwendet, richten sich nach der Dicke, der Art und der Form des gläsernen Gegenstandes.

a. **Das Absprengen von Glasröhren.** Wenn man von einer Glasröhre ein Stück von bestimmter Länge abzutrennen hat, so macht man an der Stelle, wo das Abschneiden erfolgen soll, mit einer dreikantigen Feile einen Strich, fasst die Röhre so, dass die Nägel der beiden Daumen dem Feilstrich gerade gegenüber zu liegen kommen und bricht die Röhre durch. Ist die Röhre von grösserer Weite, so geht das Abbrechen in dieser Weise nicht an. In diesem Falle macht man zunächst

[1] Karmarsch. Ueber eine Scheere zum Glasschneiden. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 136, S. 232. 1855.

unter **Befeuchtung** von Terpentinöl oder verdünnter Schwefelsäure [1]) einen Feilstrich und sprengt das Glas mittelst des Sprengeisens ab.

Das Sprengeisen, Fig. 209, $^1/_3$ nat. Gr., stellt eine etwa 9 mm dicke runde eiserne Stange dar, an deren Enden zwei offene Ringe von ungleichem Durchmesser angeschmiedet sind. Dasjenige Ende, welches sich der abzusprengenden Stelle am besten anlegt, bringt man zur Rothglühhitze und hält es ruhig einige Secunden an die Stelle der Glasröhre, wo der Feilstrich gemacht wurde; alsdann lässt man unmittelbar einen Tropfen kalten Wassers auf die erhitzte Stelle fallen. In den meisten Fällen springt das Stück mit geradem Rande ab.

Fig. 209.

$\frac{1}{3}$

Weitere Glasröhren werden in der Weise abgeschnitten, dass man auf jede Seite der Stelle, wo die Glasröhre abgetrennt werden soll, einen etwa 30 mm breiten Papierstreifen aufrollt und mit Bindfaden festbindet, so dass zwischen beiden Papierbäuschen eine 2 mm breite Rinne bleibt. Hierauf schlingt man um die Glasröhre in der Rinne eine lange feste Schnur und zieht unter Assistenz eines Gehülfen, welcher die Schnur am anderen Ende fasst, dieselbe so lange um das Glas hin und her bis die Schnur abbrennt. Durch das Hin- und Herziehen erhitzt sich das Glas derart, dass es sofort springt, sobald man bereit gehaltenes Wasser darübergiesst. Der Rand des Sprunges ist desto gerader, je genauer die Schnur in die Rinne passte.

Anstatt dass man Papierwülste um den Umfang der Röhre aufbindet, kann man ein sicheres Abschneiden auch dadurch erzielen, dass man die Glasröhre in eine Holzrinne legt, die beiderseits senkrechte Einschnitte besitzt, durch welche die einmal um die Röhre geschlungene Schnur hin- und hergezogen wird.

b. **Das Absprengen mittelst Sprengkohlen.** Die Sprengkohlen bestehen, wenn nach Gahn's [2]) Vorschrift bereitet, aus einer Mischung von 5 Thln. Gummi arabicum und 2 Thln. Traganthgummi, die in 24 Thln. Wasser gelöst sind, und 1 Thl. Storax calamita und 1 Thl. Benzoeharz, die in 5 bis 6 Thln. Alkohol von 0·83 specif. Gewicht gelöst wurden. Dazu kommen noch 12 bis 14 Thle. durch Flor gesiebter Kohlenstaub von Laubholz. Die Masse wird zu einem Teige geknetet und aus diesem werden etwa 150 mm lange federkieldicke Stängelchen ausgerollt. Dieselben haben die Eigenschaft angezündet mit einer feinen glühenden

[1]) Ueber ein neues Verfahren, Glas aller Art in derselben Weise und mit denselben Werkzeugen zu bearbeiten wie Metalle. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 162, S. 157. 1861.

[2]) Berzelius. Lehrbuch der Chemie, übersetzt von Wöhler. Bd. X, S. [illegible]. 1841.

Spitze von selbst fortzuglimmen. Mittelst dieser glühenden Spitze kan man einen Sprung in einem Glase nach Belieben in verschiedener Richtung weiter leiten.

Hat das zu sprengende Glas schon einen Sprung, so fängt man am Ende desselben an ihn weiter zu führen. Gut thut man dabei, die Richtung, in der man den Sprung haben will, mit Kreide oder Tinte auf dem Glase vorzuzeichnen. Ist kein Sprung vorhanden, so macht man am Rande des Gefässes einen Feilstrich schief ins Glas und hält daran die glimmende Sprengkohle. Der Feilstrich erweitert sich alsdann zu einem Sprunge, den man weiter leitet. Will man das abzusprengende Stück ganz behalten, so macht man an der Stelle, wo der Sprung angebracht werden soll, einen Feilstrich und hält an das Ende derselben die glimmende Sprengkohle; es entsteht ein Sprung, den man in beliebiger Richtung weiterführt.

4. Vom Glasschleifen.

Kommt es vor, dass man Ränder von Glocken oder Glasplatten etc. eben zu schleifen hat, so geschieht dies auf ebenen gusseisernen Platten oder Platten von Spiegelglas. Man bringt zu dem Endzweck etwas Smirgel mit Wasser oder feinen Sand mit Wasser auf eine dieser Platten und bewegt darauf den eben zu schleifenden Gegenstand in schleifenförmigen Linien hin und her. Ist beim Schleifen von Glasplatten das Glas gleichmässig matt geworden, so wechselt man den Smirgel, nimmt feineren und verfährt damit auf die nämliche Weise.

Ist der Rand von Glasglocken eben zu schleifen, so thut man gut, bei dünnem Glase, die Glocke nur um ihre Axe zu drehen, weil sonst kleine Stückchen von innen nach aussen ausgerissen werden.

5. Vom Glasbohren.

Wenn man in ein Glasgefäss ein kleineres Loch bohren will, so befeuchtet man die Stelle entweder mit zäh gewordenem Terpentinöl oder mit einer gesättigten Lösung von Campher in Terpentinöl. Frisches Terpentinöl ohne Campherzusatz hat keine Wirkung. Hierauf bohrt man die Stelle mit einem harten Stichel etwas an; ist dies geschehen, so befestigt man in einem Drillbohrer einen glasharten Stift und setzt denselben in Bewegung, indem man dabei Sorge trägt, dass das Bohrloch wie der Bohrer mit Terpentinöl stets feucht gehalten werden. Ist die äusserste Spitze des Bohrers durch das Glas gegangen, so setzt man den Drillbohrer ab und nimmt das letzte Durchbohren mit freier Hand vor. Die Erweiterung des gebohrten Loches geschieht mit immer grösseren Bohrern.

6. Von dem Schreiben auf Glas.

Das Schreiben auf Glas kann bekanntlich in einfachster Weise mit einem Schreibdiamant geschehen. Um vorübergehend jedoch Bemerkungen, die weggewischt werden können, auf Gläser zu machen, bedient man sich mit grossem Vortheil der Brunnquell'schen Stifte [1]. Man bereitet dieselben aus 4 Thln. Wallrath, 3 Thln. Talg und 2 Thln. Wachs, die man in einem Schälchen auf dem Wasserbade zusammenschmilzt. Statt des Wallrathes kann auch Stearin genommen werden. Ist die Masse geschmolzen, so rührt man 6 Thle. Menninge und 1 Thl. Kaliumcarbonat darunter, erwärmt die Masse noch $^{1}/_{2}$ Stunde auf dem Wasserbade und saugt sie darauf in Glasröhren von der Stärke eines Bleistiftes. Nach dem Erkalten lässt sich die Masse in dem Röhrchen verschieben, mit einem Messer spitzen und man hat so einen Stift, mit dem man auf trockenes und reines Glas sehr bequem schreiben kann.

II. Von der Bearbeitung des Korkes.

Bei vielen Gelegenheiten kommt man in die Lage Kork bearbeiten zu müssen, sei es, dass man Flächen zu schneiden, gute Verschlüsse von Flaschen, Gläsern zu erzielen, sei es, dass man Glasröhren in demselben zu befestigen hat, etc. Wir geben anbei einige darauf bezügliche Winke.

1. Von dem Schneiden, Pressen und Dichten des Korkes.

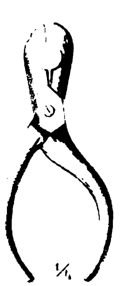
Das Schneiden des Korkes geschieht am besten mit einem dünnen und breiten Messer, das man mehr ziehend, sägeartig, als drückend bewegt. Das Messer schärft man häufig auf einem trockenen Schleifstein aus Sandstein, wodurch die Schneide zwar weniger fein, aber mehr sägeartig wird. Zur Erleichterung des Schneidens kann man die Schneide ab und zu auch mit etwas Oel oder Talg bestreichen.

Hat man Flaschen, Krausen etc. mit Kork zu verschliessen, so werden wohl die geschnittenen Korkpfropfen, die bis zu einer bestimmten Grösse im Handel vorkommen, genügen, hat man dagegen Kork in grössere Oeffnungen einzupassen, so schneidet man entsprechend geformte Stücke aus grösseren Korkscheiben aus. Der dazu zu benutzende Kork muss weich, elastisch, ohne Risse und grössere Poren sein. Damit der Kork möglichst fest sitzt, wird er vorher durch Klopfen erweicht oder

[1] Brunnquell. Stifte zum Schreiben auf Glas. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 127. S. 236. 1853.

gepresst oder geknetet. Letzteres geschieht durch Korkpressen oder Korkzangen, die in mannigfaltiger, mehr oder minder zweckmässiger Form construirt wurden, die aber alle bei richtiger Behandlung gute Resultate geben. Eine gebräuchliche Form zeigt Fig. 210, 1/4 nat. Gr.

Fig. 210.



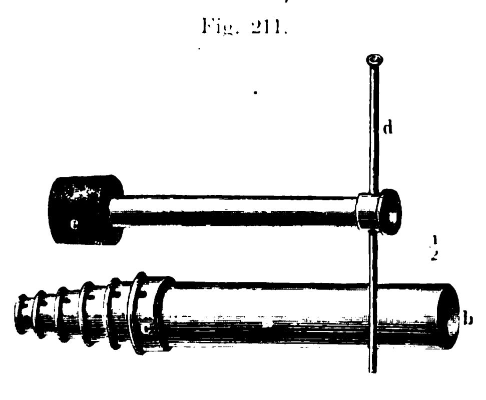
Der Kork wird in die Oeffnung der Zange eingesetzt und anfangs sanft, dann immer stärker gepresst; zwischen jedem einzelnen Drucke dreht man den Kork etwas.

Das Dichten des Korkes nimmt man nach Kopp[1] am besten dadurch vor, dass man denselben erst mit Wasser durchfeuchtet, dann in Oel taucht, das über 100° C. erhitzt wird. Das Oel tritt durch den ganzen Kork an die Stelle des verdampfenden Wassers und macht ihn dadurch undurchdringlich für Wasser. Ein derartig zubereiteter Kork zeigt in Berührung mit Wasser kein Aufquellen; ist er längere Zeit eingeklemmt gewesen, so zeigt er sich auch nach dem Herausnehmen zusammengedrückt; taucht man ihn wieder in heisses Oel, so schwillt er wieder zu der früheren Dicke an.

2. Von dem Durchbohren des Korkes.

Die Durchbohrung des Korkes geschah in früherer Zeit mittelst eines glühend gemachten Drahtes oder Eisenstiftes; jetzt bedient man sich allgemein zu diesem Zwecke des Mohr'schen Korkbohrers[2]). Derselbe besteht aus sechs bis acht hohlen Cylindern von Weissblech oder Messing, die in einander passen und im Durchmesser nur durch die Dicke des Blechs von einander verschieden sind. Die Röhren sind an einem Ende mit einem Aufsatz versehen, in dem zwei Löcher angebracht sind, durch welche ein eisernes Stäbchen gesteckt werden kann. Fig. 211, 1/2 nat. Gr. versinnlicht den Korkbohrer und seine Anwendung. *a* ist der Blech

Fig. 211.



[1]) Kopp. Ueber die Volumveränderung einiger Substanzen beim Erwärmen und Schmelzen. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 93, S. 141. 1855.
[2]) Mohr. Ueber ein sehr einfaches Instrument zum Durchbohren von Korkstopfen. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 21, S. 92. 1837.

cylinder, *b* dessen Schneide, *c* ist der Aufsatz mit den beiden Löchern, *l* ist das eiserne Stäbchen, das durch die Löcher des Ansatzes beim Bohren gesteckt wird, *e* ist der zu durchbohrende Kork. Das Stäbchen *l* dient nicht allein zur Handhabe, sondern auch zum Herausstossen der Korkstücke. Das Bohren selbst geschieht langsam ohne Anwendung eines stärkeren Druckes. Sind die Schneiden der Bohrer stumpf, so schärft man sie mit einer ovalen Feile.

Steht kein Korkbohrer zur Verfügung, so kann man sich runder Feilen bedienen; doch hat man dabei Obacht zu geben, dass die Löcher nicht statt rund, oval gerathen.

III. Von der Behandlung der Metalle.

Ueber die Behandlung der Metalle haben wir nur Weniges zu sagen. [Gr]ön wird vorkommende Arbeiten, die neben Zeit auch sachkundige Hände erheischen, am besten einem Fachmanne übertragen. Einige Arbeiten aber bleiben immer noch übrig, die man häufig selbst verrichten muss, z. B. das Löthen eines Kupferdrahtes an das Platinblech eines Grove'schen Elementes, das Firnissen von Messing, das Härten von Stahl etc. Das Wesentliche bei diesen Verrichtungen theilen wir dabei mit.

1. Vom Löthen.

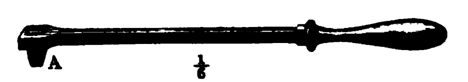
Das Löthen besteht darin, dass man zwei Metalle durch ein drittes, welches sich im geschmolzenen Zustande befindet, vereint. Das letztere Metall heisst das Loth. Man unterscheidet Weich- oder Schnellloth und Hartloth.

Das gewöhnliche Weich- oder Schnellloth besteht aus einem Gemische von Zinn und Blei. Besteht das Loth aus 2 Thln. Zinn und 1 Thl. Blei, so nennt man es ein schwaches Schnellloth, besteht es aus 1 Thl. Zinn und 2 Thln. Blei, so wird es starkes Schnellloth genannt. Ersteres schmilzt bei ungefähr 171° C., letzteres bei etwa 228° C. Das Hartloth ist strengflüssiger, härter und je nach den zu löthenden Metallen zusammengesetzt. Es besteht z. B. zum Löthen von Messing aus 2 Thln. Messing und 1 Thl. Zink, zum Löthen von geschmiedetem Eisen aus Gusseisen oder Kupfer, zum Löthen von Platin aus Gold etc.

Das Weichlöthen geschieht mittelst des Löthkolbens. Derselbe besteht aus einem keilförmigen Stück Kupfer *A*, Fig. 212 (a. f. S.), 1/6 nat. Gr., das an einem Eisenstabe, der eine hölzerne Handhabe besitzt, befestigt ist. Der Löthkolben wird über einer Bunsen'schen Lampe oder auf Kohlen heiss, aber nicht glühend gemacht; dann wischt man ihn an einem Lappen ab, reibt ihn über ein Stückchen Salmiak, der es von der Oxydschicht

befreit, welche sich während des Erhitzens bildete, und fährt sofort über das Loth, um ihn damit zu überziehen. Hierauf macht man den Löthkolben aufs neue heiss, nimmt abermals Loth auf und fährt nun so lange über die zu löthenden Metallflächen hin und her

Fig. 212.



bis hinlänglich Loth abgegangen ist, dass die Theile beim Erstarren des Lothes an einander haften.

Das Loth haftet nur an vollkommen oxydfreien, metallischen Flächen. Die zu löthenden Flächen müssen daher vor dem Löthen oxydfrei gemacht werden. Dies bewerkstelligt man dadurch, dass man sie mit einer Auflösung von Zink in starker Salzsäure mittelst eines Pinsels oder einer Federfahne bestreicht. Diese Mischung nennt man Löthwasser. Man kann die zu löthenden Theile auch dadurch zum Löthen vorbereiten, dass man sie vorher für sich mit dem Lothe gesondert überzieht. Letzteres nimmt man namentlich vor, wenn man Eisendrähte an einander zu löthen hat.

Während des Löthens müssen die zu löthenden Flächen fest mit einander verbunden sein, so dass keine Verschiebung stattfindet. Man bindet daher passend die Metalle vor dem Löthen mit ausgeglühtem Eisendraht an einander.

Das Hartlöthen von Metallen kommt in physiologischen Laboratorien wohl nicht vor, weshalb von diesem Verfahren hier nichts erwähnt wird.

2. Vom Firnissen der Metalle.

Da blanke Gegenstände von Messing, Eisen etc. sich an der Luft bald mit einer Oxydschicht überziehen, so versieht man ihre Oberfläche, um dies zu verhindern, mit einer Firnissschicht. Gegenstände von Messing werden mit einem Firniss überzogen, den man sich durch Auflösen von 1 Thl. Schellack in 5 bis 6 Thln. starken Alkohols bereitet. Diesen Firniss kann man durch Zusatz von etwas venetianischem Terpentin weicher und zäher machen. Der Firniss wird nach dem Mischen heiss filtrirt. Die Gegenstände, die gefirnisst werden sollen, werden zunächst erwärmt und wenn sie heiss sind, wird der Firniss mit einem Pinsel aufgetragen. Das Auftragen des Firnisses muss mehrmals wiederholt werden, stets muss jedoch der vorher aufgetragene Lack getrocknet sein. Statt des Schellackfirnisses kann man die Gegenstände auch dadurch vor dem Einflusse der Luft schützen, dass man sie mit Asphaltlack überzieht. Asphaltlack bereitet man sich durch Auflösen von 1 Thl. Asphalt oder Judenpech in 3 Thln. Terpentinöl.

3. Vom Härten und Ausglühen des Eisens.

Neben dem Feilen und Schleifen eiserner Gegenstände, zu welchen Verrichtungen man keiner Anleitung bedarf, sind das Härten und Ausglühen des Eisens wohl die einzigen Arbeiten, die man mit dem Eisen vorzunehmen hat.

a. **Das Härten des Stahls.** Das Härten des Stahls geschieht dadurch, dass man denjenigen Theil oder dasjenige Ende, welches man härten will, über der Flamme bis zur Rothglühhitze erhitzt und alsdann senkrecht in kaltes Wasser taucht. Durch diese Operation wird der Stahl glashart, d. h. er wird spröde, wie Glas. Wenn man ihn nun aufs neue erhitzt, so verliert er allmälig seine Sprödigkeit und man bemerkt zugleich, dass er verschiedene Farben annimmt. Er wird erst gelb, dann goldgelb, braun, purpurn und schliesslich dunkelblau und hellblau. Da jede Farbe einem bestimmten Härtegrad entspricht, so hat man an derselben ein Mittel an der Hand, dem Stahl denjenigen Härtegrad zu geben, den man für einen bestimmten Zweck wünschenswerth hält.

b. **Das Ausglühen von Eisendraht.** Häufig kommt es vor, dass Gegenstände mit einander durch Eisendrähte verbunden werden müssen. Es ist dann nothwendig, den Draht vorher gut auszuglühen, weil er sonst beim Festdrehen brechen würde. Das Ausglühen nimmt man am besten in der Weise vor, dass man den Draht auf ein Holzstück aufwindet und ihn nun in einem Ofen oder auf einer Gaslampe ausglüht.

4. Vom Reinigen des Quecksilbers und dem Amalgamiren.

Das Quecksilber findet bei physiologischen Versuchen ausgedehnte und mannigfaltige Anwendung. Wir erinnern hier nur an die Rolle, die es beim Auffangen und Untersuchen von Gasen spielt, seine Verwendung beim Amalgamiren der Zinkcylinder constanter Batterien, seinen Gebrauch bei elektrischen Versuchen etc. Bei allen diesen Verwendungen wird das Quecksilber mehr oder weniger verunreinigt. Wenn aber ein Versuch begonnen wird, so muss es rein sein. Man hat daher häufig Veranlassung das Quecksilber reinigen zu müssen. Nicht minder oft ereignet es sich, namentlich bei elektrophysiologischen Versuchen, dass Metalle wie Zink, Kupfer zu amalgamiren sind.

a. **Das Reinigen des Quecksilbers.** Kommt es nicht darauf an, chemisch reines Quecksilber zu haben, so reinigt man das Quecksilber am besten nach einem Verfahren, das von Meyer[1]) herrührt und das

[1]) Meyer. Bequeme Vorrichtung zur Reinigung des Quecksilbers. Zeitschr. für analyt. Chem. Jahrg. II, S. 241. 1863.

sich im physiologischen Institute zu Breslau seit 15 Jahren bewährt hat. Dieses Verfahren besteht darin, dass man das Quecksilber durch einen Stechheber *A*, Fig. 213, $^1/_{20}$ nat. Gr., mit langer feiner ausgezogener Spitze in feinem Strahle in ein etwa 1 m langes und etwa 26 mm weites Glasrohr *B*, das mit Wasser, verdünnter Salpetersäure, Alkohol, Aether etc. gefüllt ist, einfliessen lässt. Das Rohr *B* ist unten durch einen wohl passenden Kork geschlossen, durch welchen eine doppelt gebogene Glasröhre *C* geht. Der einfallende Quecksilberstrahl zerfällt in der Flüssigkeit in sehr feine Perlen, wodurch das Metall in vielfache Berührung mit der Flüssigkeit kommt. Ha sich unter der Flüssigkei soviel Quecksilber angesammelt, dass im Abflussrohr die Höhe der Mündung erreicht wird, s fliesst das übrige Quecksilber in ein untergestellte Gefäss *D* ab.

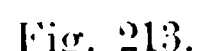
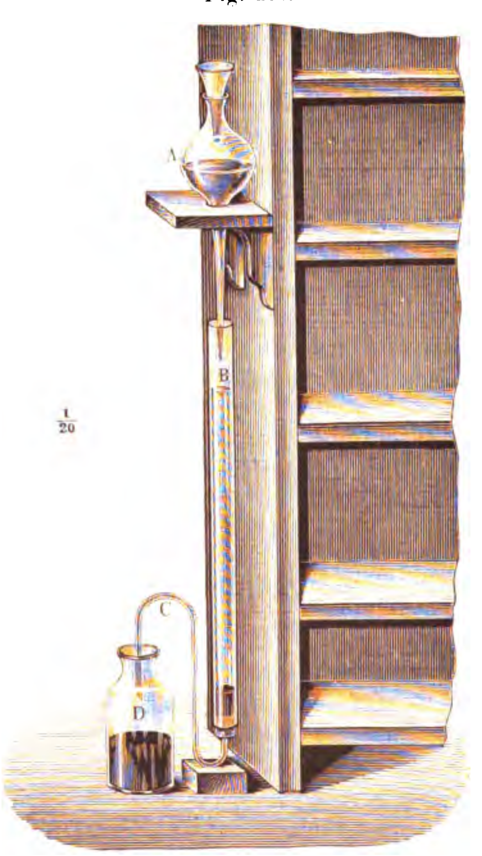


Fig. 213.



Ist das Metall nich sehr verunreinigt, so genügt schon ein einmalige Passiren der Flüssigkeit wo nicht, so lässt man e wiederholt durch die Flüssigkeit fliessen. Um die Flüssigkeit in de langen Röhre wechseln zu können, ist es nach Weinhold[1]) bequem, a unteren Ende derselben seitlich eine Röhre mit Quetschhahn anzubringe Derselbe Autor[2]) hat später einen sinnreichen Apparat construirt, Queck silber continuirlich zu destilliren. Die Destillation geschieht im Vacuu bei relativ niedriger Temperatur. Der Apparat ist aber viel zu compl cirt, als dass er allgemeine Anwendung finden könnte.

[1]) Weinhold. Verschiedene Mittheilungen. Carl's Repertor. f. physik. Techn. Bd. III, S. 444. 1867.

[2]) Weinhold. Quecksilberreinigungsapparat. Carl's Repertorium f physikal. Techn. Bd. IX, S. 69. 1873.

Unter Umständen kann es darauf ankommen, dass man chemisch reines Quecksilber zur Verfügung haben muss. Man wird in solchem Falle das Verfahren von **Millon** [1]) einschlagen, das von **Regnault** erprobt wurde. Nach diesem Verfahren werden 1000 Gewichtstheile Quecksilber mit etwa 140 cbcm im Verhältniss von 1 : 2 mit Wasser verdünnter Salpetersäure übergossen und im Verlaufe mehrerer Tage häufig geschüttelt. Dadurch werden die dem Quecksilber beigemischten Metalle, welche leichter oxydirbar sind als das Quecksilber, gelöst. Nachdem diese Flüssigkeit abgegossen, wird das Quecksilber mit soviel reiner Salpetersäure gekocht, als hinreicht um beiläufig $^9/_{10}$ des Metalls zu lösen. Das so gebildete Mercurinitrat wird erhitzt und in rothes Oxyd verwandelt. Das Oxyd wird dann in eine Porcellanretorte gebracht, geglüht und so reducirt. Der Rückstand, welcher von der Salpetersäure nicht angegriffen wurde, enthält diejenigen Metalle, welche weniger oxydirbar sind als das Quecksilber.

Da das nach diesem Verfahren reducirte Quecksilber eine ziemliche Menge Oxyd aufgelöst enthält, so sondert man dieses durch Schütteln mit Schwefelsäure ab. Das Quecksilber wird alsdann mit sehr viel Wasser ausgewaschen und im Recipienten der Luftpumpe über Schwefelsäure getrocknet.

So gereinigtes Quecksilber wurde z. B. von **Regnault**, wie **Millon** angiebt, zur Bestimmung des specifischen Gewichtes des Quecksilbers angewandt.

b. Das Amalgamiren. Unter Amalgamiren versteht man überhaupt das Legiren des Quecksilbers mit anderen Metallen; für unsere Fälle das Ueberziehen von Kupfer, Zink etc. mit einer Quecksilberschicht. Dieses nimmt man entweder in der Weise vor, dass man das betreffende Metall in die **Berjot**'sche Flüssigkeit taucht oder im Allgemeinen dadurch, dass man dasselbe mit Salzsäure befeuchtet und das Quecksilber mit einer Bürste einreibt.

Die **Berjot**'sche Flüssigkeit [2]) stellt man sich dadurch her, dass man 200 Thle. Quecksilber in 1000 Thln. Königswasser (1 Thl. Salpetersäure, 3 Thle. Salzsäure) in der Wärme löst, und die Auflösung mit 1000 Thln. Salzsäure versetzt. Werden die zu amalgamirenden Metalle nur kurze Zeit in diese Flüssigkeit getaucht, so sind sie amalgamirt.

---

[1]) **Millon.** Recherches chimiques sur le mercure et sur les constitutions salines. Annal. de chim. et de phys. III. sér T. 18, p. 339. 1846. Auch: Verfahren reines Quecksilber darzustellen. **Dingler**'s polyt. Journ. Bd. 103, S. 398. 1847.

[2]) **Berjot.** Formule d'un liquide propre à amalgamer par simple immersion les zincs des piles électriques. Compt. rend. T. 47, p. 273. 1858. Auch: Darstellung einer Flüssigkeit, womit man durch blosses Eintauchen die Zinkplatten der galvanischen Säulen amalgamiren kann. **Dingler**'s polyt. Journ. Bd 149, S. 370. 1858.

Zinkcylinder galvanischer Batterien brauchen nur wenige Secunden in dieser Flüssigkeit zu weilen, um vollständig amalgamirt zu sein.

Ist eine derartige Flüssigkeit nicht vorräthig, so kann man nach Gibsone [1]) auch dadurch rasche Amalgamirung erzielen, dass man 30 Thle. Salzsäure, 4 Thle. gesättigte Mercurichloridlösung und 15 Thle. metallisches Quecksilber in eine flache Schale giesst, in dieses das Metall bringt und das Quecksilber mittelst einer Zahnbürste sanft auf dasselbe einreibt. Das Quecksilber haftet rasch auf der Oberfläche des zu amalgamirenden Metalls. Ist das Metall amalgamirt, so muss das überschüssige Quecksilber entfernt werden, was man durch Abtrocknen mit einem Lappen und Abspülen in Wasser erzielt.

IV. Von den Kittmaterialien und dem Kitten.

Sehr häufig kommt es vor, dass Gegenstände mit einander innig verbunden werden müssen, dass Röhren von Glas in Metall einzufügen sind etc. Bei solchen Veranlassungen bedient man sich der Kitte. Von den unzähligen Kitten und Bindemitteln, die existiren, werden in physiologischen Laboratorien verhältnissmässig nur wenige in Anwendung gezogen. Nur die sogenannten Leimkitte, einige Harzkitte, sowie Kitte für Glas und Metalle kommen hier in Betracht; von diesen allein wird auch hier nur in Kürze gehandelt.

1. Die Leimkitte.

Zu den Leimkitten rechnet man die Gummilösung, den Kleister, den Tischlerleim, die Hausenblase und den Chromatleim.

a. Die Gummilösung. Die Auflösung von Gummi arabicum in Wasser dient nur zum Zusammenkleben von Papier. Damit dieselbe jeder Zeit zum Gebrauche in richtiger Consistenz vorhanden sei, bewahrt man sie in einem verschlossenen Gefässe auf; damit die Auflösung nicht schimmelt, setzt man etwas Weingeist zu derselben oder etwas Chinin. Zum Aufkleben von Papier auf Glas wendet man besser eine Auflösung von Hausenblase an.

b. Der Kleister. Den Kleister bereitet man sich aus Stärkemehl und Wasser. Man rührt das Stärkemehl mit kaltem Wasser an und lässt so lange unter stetem Umrühren kochen, bis der Kleister die gehörige Consistenz hat. Da der Kleister beim Aufbewahren sich bald zersetzt, so versetzt man ihn um ihn längere Zeit zu conserviren mit Alaun. Der Kleister dient ebenfalls nur zum Zusammenkleben von Papier.

---

[1]) Gibsone. Neues Verfahren zum Amalgamiren des Zinks für galvanische Batterien. Dingler's polyt. Journ. Bd. 179, S. 325. 1866.

c. **Der Tischlerleim.** Derselbe wird zum Gebrauche zunächst etwa 12 Stunden in Wasser eingeweicht, wobei man nicht mehr Wasser nimmt, als nothwendig ist, um ihm die erforderliche Consistenz zu geben. Hierauf erhitzt man ihn im Wasserbade. Man vermeidet das Kochen, weil der Leim dadurch an bindender Kraft einbüsst.

Die Art des Leimens erleidet durch die Natur der Gegenstände, die mit einander zu verbinden sind, einige Modificationen. Ist z. B. Holz an Holz zu leimen, so halten beide Theile am besten dann zusammen, wenn man ein Stückchen Flor zwischen beide zu leimende Stücke legt.

Ist Pergamentpapier an Pergamentpapier zu leimen, so ist es nothwendig, damit beide Theile an einander haften, einen Streifen ungeleimten gewöhnlichen Papieres dazwischen zu legen. Noch fester wird die Verbindung, wenn die zu vereinenden Flächen vor dem Leimen mit Weingeist benetzt werden [1]).

Will man Tuch auf Metall leimen, so ist es nothwendig, dass man dasselbe zuerst mit verdünntem Galläpfelaufguss tränkt, das Tuch gut auspresst und noch feucht auf das erwärmte mit Leim bestrichene Metall aufdrückt.

Hat man Gegenstände von Holz mit Glas etc. zu verbinden, so empfiehlt Elsner [2]) dem heissen Leim gesiebte Holzasche zuzusetzen, so dass sich hierdurch eine Art firnissähnlicher Masse bildet. Mit dieser noch warmen Masse werden die zu vereinenden Flächen bestrichen und hernach an einander gepresst. Statt der Holzasche kann man den Leim auch mit etwas Terpentin versetzen, den man unter Umrühren dem heissen Leim beimischt.

d. **Der Hausenblasenleim.** Der Hausenblasenleim bildet einen stärkeren Kitt als der Tischlerleim. Man wendet ihn deshalb zum Kitten von Elfenbein etc. an. Man bereitet die Hausenblase durch zwölfstündiges Aufweichen in schwachem Weingeist zum Gebrauche vor und kocht sie alsdann unter stetem Umrühren. Durch das Einweichen in Weingeist wird die Auflöslichkeit in Wasser sehr befördert. Die Auflösung wird heiss filtrirt.

Will man Glas auf Glas befestigen oder Metall auf Glas, so empfiehlt Berzelius [3]) fünf oder sechs erbsengrosse Stücke Mastix in möglichst wenig Alkohol zu lösen und diese Auflösung mit etwa 30 cbcm einer starken weingeistigen Hausenblasenlösung zu vermischen, der man zuvor zwei bis drei kleine Stücke Gummi Galbanum oder Ammoniacum zugemischt hat.

e. **Der Chromatleim.** Derselbe wird aus Leim und Kaliumdichromat bereitet. Er hat die Eigenschaft durch die Einwirkung des

---

[1]) Ueber das Verkleben des Pergamentpapieres. Dingler's polyt. Journ. Bd. 194, S. 454. 1869.

[2]) Elsner. Sehr guter Kitt, um Gegenstände von Holz mit Gegenständen anderer Art zu verbinden. Dingler's polyt. Journ. Bd. 162, S. 240. 1861.

[3]) Berzelius. Lehrbuch der Chemie, übersetzt von Wöhler. Bd. X, S. 324, 1841.

Lichtes unlöslich zu werden. Eine zweckmässige Mischung namentlich zum Leimen von Pergamentpapier giebt Huizinga [1]) an. 20 Thle. Gelatine werden in 100 Thln. Wasser gelöst und mit 1 Thl. Kaliumdichromat in 20 Thln. Wasser gemischt. Die Mischung, die man in einem dunklen Glase aufbewahren muss, wird vor dem Gebrauche erwärmt. Man kann dieselbe nur zwei- bis dreimal gut verwenden, da durch wiederholtes Erwärmen der Chromatleim mit der Zeit klumpig oder bröckelig wird. Er löst sich alsdann nicht mehr vollkommen und lässt sich nicht mehr glatt aufstreichen.

2. Die Harzkitte.

Von der grossen Anzahl der Harzkitte finden nur das Siegellack, der Mastix, der Schellack und der Colophoniumkitt häufige Anwendung.

a. Das Siegellack ist der am häufigsten gebrauchte Kitt. Je feiner dasselbe ist, desto besser haftet es. Es wird bei unzähligen Gelegenheiten angewandt. Ist z. B. eine Glasröhre in einen Kork einzukitten, so haftet das Siegellack nur dann, wenn der Kork ganz trocken ist; die Glasröhre muss man vorher an der Stelle, wo es mit Siegellack in Berührung kommen soll, erwärmen, denn sonst haftet der Lack an dem Glase nicht. Sind zwei Metalle oder Glas und Metall mit einander durch Siegellack zu verbinden, so müssen beide Theile vorher heiss gemacht werden, erst dann bestreicht man sie reichlich mit Siegellack und fügt sie zusammen. Während des Erkaltens dürfen die einzelnen Theile so wenig wie möglich bewegt werden.

b. Der Mastix. Dieses Harz wird in Alkohol, Schwefelkohlenstoff oder weissem Terpentin aufgelöst. Die Lösung in Schwefelkohlenstoff trocknet sehr rasch.

c. Der Schellackkitt wird durch Auflösen von Schellack in Alkohol erhalten. Will man Holz mit dieser Auflösung kitten, so halten die Theile nach Norton nur dann fest, wenn zwischen die zu kittenden Stücke ein Stück Flor oder dünnes Seidenzeug gelegt wird [2]).

Einen trefflichen Kitt, der sich namentlich zum Kitten von Glas an Glas eignet, erhält man nach Mohr [3]) durch Schmelzen von 6 Thln. Schellack und 1 Thl. venetianischen Terpentins. Zu grösserer Härte kann man denselben noch mit etwas gestossenem Marienglas versetzen. Die Flächen, die an einander gekittet werden sollen, müssen vorher erwärmt werden. Der Kitt wird warm aufgetragen.

[1]) Huizinga. Zur Darstellung des dialysirten Eiweisses. Pflüger's Archiv Bd. XI, S. 394. 1875.

[2]) Anwendung des Schellacks zum Kitten von Holz. Dingler's polyt. Journ. Bd. 91, S. 86. 1844.

[3]) Mohr. Lehrbuch der pharmaceutischen Technik S. 410. 1853.

d. **Der Colophoniumkitt.** Diesen Kitt bereitet man sich nach Berzelius [1]) aus 4 Thln. Colophonium, 1 Thl. Wachs und 1 Thl. geschlämmtem Ziegelmehl. Der Kitt eignet sich namentlich zur Befestigung von Messingfassungen auf Glas. Derselbe wird heiss aufgetragen und hält sehr dicht.

3. Vom Kitten zerbrochenen Glases.

Das Kitten zerbrochener gläserner Gegenstände kann mittelst Schellack, Wasserglas oder durch die sogenannten ächten Glaskitte geschehen: im Allgemeinen aber wird man wenig Freude daran erleben. Kittet man mit Schellack, so müssen die zu kittenden Flächen vor dem Aufstreichen des Harzes gut erwärmt und alsdann fest an einander gepresst werden; der gekittete Gegenstand darf nicht mit Alkohol in Berührung gebracht, auch nicht erwärmt werden. Wendet man Wasserglas als Kitt an, so wolle man berücksichtigen, dass die gekitteten Gegenstände mit Flüssigkeit nicht auf die Dauer in Berührung zu bringen sind, dagegen können dieselben unbeschadet der Wärme ausgesetzt werden. Vor dem Bestreichen mit Wasserglas werden die Bruchflächen erwärmt.

Das Kitten mit sogenannten ächten Glaskitten muss in der Hitze vorgenommen werden, da es gilt den Kitt zwischen die Risse einzuschmelzen. Das Verfahren ist sehr umständlich und erfordert grosse Gewandtheit im Gebrauche der Glasbläserlampe. Man wird wohl selten in die Lage kommen, dergleichen Kittoperationen vornehmen zu müssen; erforderlichen Falles findet man dann Näheres in Dingler's polytechnischem Journal [2]) am angegebenen Orte.

4. Von dem Kitten der Metalle.

Wenn es vorkommt, was jedoch selten geschieht, dass metallene Theile aneinander zu kitten sind, so wolle man beachten, dass Messing am besten mit dem Bleiglätte- oder Mennigkitt gekittet wird. Zu dem Ende wird Bleiglätte oder Mennige mit Leinöl zu einem Brei gerieben und auf die zu kittenden Theile, die vorher mit Oel bestrichen werden, aufgestrichen. Das Erhärten des Kittes geschieht im Laufe der darauffolgenden 24 bis 36 Stunden.

---

[1]) Berzelius. Lehrbuch der Chemie übersetzt von Wöhler Bd. X, S. 123. 1841.

[2]) Creuzburg. Ueber Kittmaterialien. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 165, S. 197. 1862.

Eisen an Eisen kittet man am besten durch den sogenannten Eisenkitt, der aus einem Gemenge von 98 Thln. Eisenfeile, 1 Thl. Schwefelblume und 1 Thl. Salmiak besteht. Die Mischung wird mit siedendem Wasser zu einem Breie angerieben und sogleich auf die zu kittenden Theile, die blank sein müssen, aufgetragen. Der Kitt wird in einiger Zeit eisenhart.

ZWEITER THEIL.

Erstes Capitel.

Von der animalen Zelle.

Die Aufgabe, die uns in diesem Capitel zufällt, besteht einestheils arin, anzugeben, wie das Material herbeizuschaffen und zu behandeln, m eine Anschauung von dem vielgestaltigen Bau und den mannigfachen ormen der Elementarorganismen zu bekommen, theils darin, die Meoden zu berichten, durch die unsere Kenntnisse von den Lebenseigenhaften der Elementarorganismen erworben wurden und weiter zu ererben sind. Wir handeln darum zunächst von dem Bau der Zelle und n Untersuchungsmethoden ihrer physiologischen Eigenschaften, soweit eselben allgemeiner Natur und unter dem Mikroskope zu verfolgen nd, dann berichten wir von den Erscheinungen der Diffusion von Flüssigiten und Gasen, die man gemeinhin als dem Stoffwechsel der Zellen alоge Vorgänge betrachtet.

. Von dem Bau der Zelle und den Untersuchungsmethoden ihrer physiologischen Eigenschaften.

In Analogie mit den morphologischen Bestandtheilen der überwiegenn Mehrzahl der Zellen in saftigen lebenden Pflanzentheilen, an welchen e Botaniker Zellhaut, Zelleninhalt, Kern und Kernkörperchen unterheiden, unterschied Schwann [1]) 1839 auch bei den thierischen Zellen nannte Bestandtheile; er that dies, nachdem Johannes Müller nach-

[1]) Schwann. Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen, S. 8, 1839.

gewiesen, dass die Chorda dorsalis der Fische aus einzelnen, mit eigenthümlichen Wänden versehenen, dicht zusammengelagerten Zellen bestehen, und er selbst in den analogen Zellen der Chorda dorsalis der Froschlarven die Kerne entdeckt hatte.

Später wurde der morphologische Begriff einer Zelle anders präcisirt; so sagt Leydig [1]), dass zu demselben eine mehr oder minder weiche Substanz, ursprünglich der Kugelgestalt sich nähernd, gehöre, die einen centralen Körper, den Kern, einschliesse, und M. Schultze [2]), eine Zelle ist ein Klümpchen Protoplasma [3]), in dessen Innerem ein Kern liegt. Brücke [4]) betrachtet auch den Kern nicht als wesentlichen und nothwendigen Bestandtheil einer Zelle, da z. B. die Zellen der Kryptogamen keinen besitzen. Häckel [5]) meint darum, dass es nöthig sei, die Elementarorganismen, welche man gewöhnlich als Zellen bezeichnet, mit dem allgemeineren und passenderen Namen der Bildnerinnen oder Plastiden zu belegen, und in Rücksicht auf das Vorhandensein oder Fehlen von Kernen und Membranen vier Grundformen zu unterscheiden, nämlich:

1) Urcytoden, nackte Plasmastücke ohne Kern und Hülle.

2) Hüllcytoden, Plasmastücke ohne Kern, welche von einer Hülle, Membran, umgeben sind.

3) Urzellen, Plasmastücke mit Kern, aber ohne Hülle.

4) Hüllzellen, Plasmastücke mit Kern und äusserer Hülle.

I. Von der Herstellung der Präparate von Elementarorganismen.

Um eine Anschauung von der Gestalt der vier Grundformen der Elementarorganismen zu bekommen, hat man sich eine Anzahl von Präparaten herzustellen, die theils dem Pflanzenreiche, theils dem Thierreiche zu entnehmen sind. Wie man sich das Material zu diesen Präparaten verschafft und wie man dieselben herstellt, ist in Nachfolgendem enthalten. Die Präparate sind so ausgewählt, dass sie meistentheils ohne weitere Präparation schon den Bau und die Selbstständigkeit der Elementarorganismen zeigen. Da zu gleicher Zeit auch eine Anleitung ge-

[1]) Leydig. Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere, S. 9 1857.

[2]) M. Schultze. Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe. Archiv für Anatomie und Physiologie etc. Jahrgang 1861 S. 11. 1861.

[3]) Der Name Protoplasma rührt von v. Mohl her, der denselben für den Inhalt der Pflanzenzellen gebrauchte. v. Mohl. Ueber die Saftbewegung im Inneren der Zellen. Botanische Zeitschr. 4. Jahrg. S. 75. 1846.

[4]) Brücke. Die Elementarorganismen. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 44. 2. Abtheilung, S. 397. 1861.

[5]) Häckel. Natürliche Schöpfungsgeschichte S. 308. 1874.

geben wird, das Präparat, das Schwann vorlag, als er den Begriff der animalen Zelle ableitete, anzufertigen, sowie ein Präparat einer vegetabilischen Zelle als Vergleichsobject herzustellen, so kann an den hier abgehandelten Präparaten die Entwickelungsgeschichte des morphologischen Begriffs der Zelle studirt werden.

1. Die vegetabilische Zelle.

Die morphologischen Bestandtheile der Pflanzenzelle kann man zwar an jedem saftigen Theile einer Pflanze dadurch zur Anschauung bringen, dass man einen dünnen Schnitt aus derselben in Wasser suspendirt unter dem Mikroskope betrachtet, vorzügliche Präparate aber gewinnt man aus dem Fruchtfleisch der Schneebeere, Symphoricarpus racemosa, einem häufig anzutreffenden Zierstrauche. Man darf nur etwas Inhalt der Frucht auf dem Objectträger zertheilen, um sofort die Zellen meistentheils isolirt mit ihren Bestandtheilen zur Ansicht zu bekommen. Setzt man etwas Jod in Jodkalium gelöst zu, so färbt sich der Kern gelblich bis braun, eine Beobachtung, die zuerst Schleiden [1]) machte; setzt man etwas Glycerin oder Zuckerlösung zu, so contrahirt sich das Plasma um den Kern.

2. Das Schwann'sche Präparat.

Da durch die Untersuchungen Schwann's gewissermaassen ein neues Zeitalter der physiologischen Forschung anbrach, so ist es höchst interessant, den Gegenstand, der Schwann [2]) vorlag, sich selbst einmal vorzuführen. Zu dem Ende schneidet man den Schwanz einer todten Froschlarve, die 24 Stunden oder länger im Wasser gelegen, an seiner Ursprungsstelle durch und drückt die Chorda dorsalis durch leises Streichen von der Schwanzspitze oder vom Kopfe gegen die Wunde hin heraus, was stets ohne Schwierigkeit gelingt. Bringt man nun passende Partikelchen aus derselben in 0·6 Proc. Kochsalzlösung unter das Mikroskop, so sieht man die Zellen, die Schwann vorlagen. Dieselben sind von verschiedener Grösse und haben eine unregelmässige polyëdrische Gestalt; die in der Mitte liegen, sind am grössten, die nach aussen liegen, sind kleiner.

---

[1]) Schleiden. Beiträge zur Phytogenesis. Müller's Archiv Jahrg. 1838, S. 140. 1838.

[2]) Schwann. Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen, S. 11, 1839.

3. Plasma ohne Kern und Hülle.

Als Repräsentanten dieser Form von Elementarorganismen wählen wir die Myxomyceten oder Mycetozoen, auch Schleimpilze genannt, die von einigen Botanikern, z. B. Hofmeister [1]), zu den Pflanzen, von anderen, z. B. de Bary [2]), zu den Thieren gerechnet, von Häckel [3]) aber in die Classe der Protisten versetzt werden. Man findet Species dieser Classe häufig auf faulenden Pflanzenstoffen, an feucht gehaltenen Blumentöpfen, auf den Rinden der Bäume nach einem Regen etc. Eine häufige Species ist Aethalium septicum, welches faules Holz in Wäldern und ganz besonders Lohhaufen bewohnt, auf denen es als „Lohblüthe" den Gerbern bekannt ist, und in Form einer schön gelben, oft mehrere Fuss breiten Masse die Lohhaufen netzförmig durchzieht.

Man kann die Myxomyceten in feucht gehaltenen Räumen züchten, oder auf Blättern, Holzstückchen etc. eingetrocknet aufbewahren, da, wie Kühne [4]) fand, die spröde und trockne Masse sich nach dem Aufweichen in Wasser immer wieder zu den herrlichsten beweglichen Protoplasmanetzen umformt.

Die Myxomyceten entwickeln sich aus dem trocknen Zustande nur in feuchtgehaltenen Räumen bei nicht zu niedriger Temperatur. Wenn sich ein Protoplasmanetz aus einer eingetrockneten Myxomycete entwickeln soll, so darf in dem mit Wasserdämpfen völlig gesättigten Raume die Temperatur nicht unter 20° C. sinken. Die Grösse des Protoplasmanetzes hängt von der Grösse der angewendeten trocknen Masse ab. Da das Protoplasma nicht leicht umgelagert werden kann, so ist es zweckmässig, die Entwickelung gleich auf einem Objectträger vor sich gehen zu lassen; ferner hat man zu beachten, dass das Glas des Objectträgers ganz rein ist und sich mit einem nassen Pinsel in grösserer Ausdehnung mit einer Wasserschicht überziehen lässt; sammelt sich das Wasser auf dem Objectträger in Tropfen an, so ist die sich entwickelnde Myxomycete zur Untersuchung untauglich, da sie nicht hinlänglich fest auf der Glasplatte haftet und sich nicht gehörig kriechend ausbreiten kann.

Die mikroskopische Untersuchung geschieht ohne Deckglas bei mässiger Vergrösserung. Beabsichtigt man bei stärkerer Vergrösserung, z. B. Immersion, zu untersuchen, so thut man nach Kühne gut, wenn man auf einen Objectträger einige kleine Glassplitter in unregelmässiger Vertheilung fest kittet und die Oberfläche dieser kleinen Glas-

---

[1]) Hofmeister. Die Lehre von der Pflanzenzelle, S. 2, 1867.

[2]) De Bary. Die Mycetozoen. Zeitschr. für wissensch. Zoologie Bd. X. S. 88. 1860.

[3]) Häckel. Natürliche Schöpfungsgeschichte, S. 386. 1874.

[4]) Kühne. Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität S. 69. 1864.

stückchen, damit sie sich nicht mit Feuchtigkeit beschlagen, mit einer Spur Fett bestreicht. Auf diesem Objectträger bringt man die eingetrocknete Myxomycete zur Entwickelung; dieselbe kriecht nicht über die Glasstückchen hinweg und man kann durch Auflegen von Deckgläschen, ohne Gefahr zu laufen, sie zu beschädigen, sie den stärksten Vergrösserungen zugänglich machen.

4. Plasma mit Hülle ohne Kern.

Als Repräsentanten dieser Form von Elementarorganismen führen wir die Pilzfäden oder Hyphen an. Man kann sich solche leicht beschaffen, wenn man Früchte, Brod etc. in einem mit Wasser gesättigten Raume aufbewahrt. Colossale Pilzfäden erhält man mitunter, wenn man etwas Pferdedünger auf einem nassen Ziegelsteine ausbreitet und denselben in feuchtem Raume hält. Die Pilzfäden werden mit etwas Wasser unter das Mikroskop gebracht.

5. Plasma mit Kern ohne Hülle.

Eine Anschauung von einer membranlosen Zelle erzielt man, wenn man eine Amöbe unter dem Mikroskope betrachtet. Zahlreich sind diese Thiere nach Auerbach [1]) in Gläsern anzutreffen, in denen Sumpfwasser, in dem sich Algen befinden, einige Zeit der Mittagssonne ausgesetzt wird. Man braucht nur einen Tropfen auf den Objectträger zu bringen, um dieselben zu sehen. Häufig findet man in den Amöben chlorophyllhaltige Zellen, Bruchstücke von Oscillatorien, Naviculä, Bacillarien und Aehnliches.

6. Plasma mit Kern und Hülle.

Eine Zelle mit diesen morphologischen Bestandtheilen bekommt man zu Gesichte, wenn man einen dünnen Querschnitt durch einen Knorpel unter dem Mikroskope betrachtet. Will man diese Elemente an einer isolirten Zelle sehen, so empfiehlt sich als Object das Säugethierei.

---

[1]) Auerbach. Ueber die Einzelligkeit der Amöben. Zeitschr. f. wissensch. Zoolog. Bd. V, S. 374. 1856. Auerbach schreibt den Amöben eine Membran zu, von M. Schultze: „Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe“, Archiv für Anatomie etc. Jahrg. 1861, S. 11, und Kühne: „Untersuchungen über das Protoplasma“ S. 35. 1864 wird dieselbe jedoch den Amöben abgesprochen. Wir schliessen uns in Erwägung der Anforderungen, die man an den mikroskopischen Nachweis einer Membran stellen muss, der Ansicht der letzteren Autoren an.

Man sticht einen Graaf'schen Follikel, welcher ein reifes Ei enthält, auf dem Objectträger in 0·6 Proc. Kochsalzlösung an und findet alsdann das Ei isolirt vor.

II. Von den Methoden, die Eigenschaften des Protoplasma zu studiren.

Da das Protoplasma vitale Eigenschaften zeigt, die zum Theil an den Bewegungen erkannt werden, welche dasselbe spontan oder in Folge von Reizen ausführt, so hat man zur Beobachtung dieser Bewegungen, mögen dieselben nun im Inneren erfolgen oder mögen sie in Gestalts- und Ortsveränderungen bestehen, mögen sie spontan oder auf Reize hervorgerufen worden sein, verschiedene Apparate und Methoden ersonnen. Wir berichten im Nachfolgenden von den Methoden der Untersuchung des Protoplasmas im feuchten kalten und feuchten erwärmten Raume, sowie den Vorrichtungen und Verfahrungsweisen, durch die ein Studium des Einflusses der Wärme, der Gase, der Elektricität, mechanischer Einwirkungen und chemischer Agentien auf das Protoplasma ermöglicht wurde.

1. Die feuchten Kammern.

Wenn man die Bewegungserscheinungen des Protoplasmas studiren will, so hat man sein Augenmerk vorzüglich darauf zu richten, dass das Object nicht durch die Verdunstung der Flüssigkeit, in welcher dasselbe suspendirt ist, alterirt wird. Der Druck, welchen das Deckgläschen auf das Object ausübt, kommt weniger in Betracht, da durch ein dünnes Deckgläschen weder die Erscheinungen der Molecularbewegung noch die Gestalts- und Ortsveränderungen des Protoplasma im Allgemeinen gehindert werden, wie aus den Versuchen von M. Schultze [1]) hervorgeht. Um die Verdunstung hintanzuhalten, benutzt man die feuchten Kammern. Solche wurden von verschiedenen Forschern construirt. Vorzüglich sind die feuchten Kammern von v. Recklinghausen, Kühne, Böttcher und Geissler in Gebrauch.

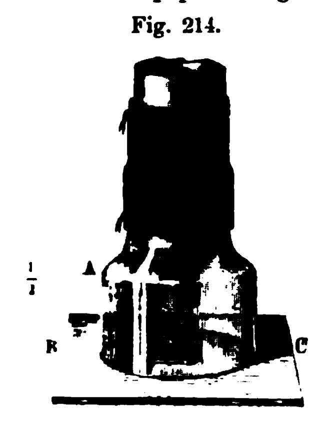
a. Die feuchte Kammer von v. Recklinghausen [2]). Man stellt sich eine solche dadurch her, dass man den unteren Theil eines Lampencylinders absprengt und den engeren Theil des abgesprengten Stückes über das untere Ende des Tubus des Mikroskopes schiebt.

[1]) M. Schultze. Ein heizbarer Objecttisch und seine Verwendung bei Untersuchungen des Blutes. Archiv für mikroskop. Anatomie Bd. I, S. 19. 1865.

[2]) v. Recklinghausen. Ueber Eiter- und Bindegewebskörperchen. Virchow's Archiv Bd. 28, S. 162. 1863.

Fig. 214, 1/2 nat. Gr. Der weitere Theil *A* des Lampencylinders ruht auf einem grossen Objectglase *BC*, ist unten abgeschliffen und mit Oel bestrichen. Die Innenwand von *A* wird mit einem mit Wasser benetzten Stück Fliesspapier ausgekleidet, wodurch der abgesperrte Raum mit Flüssigkeit stets gesättigt ist. Um einen Verschluss mit dem Tubus herzustellen, kann man sich einer Kautschuklamelle bedienen, die über den Tubus und den oberen Theil des Lampencylinders geschlagen und festgebunden wird; dabei hat man aber zu berücksichtigen, dass dadurch das Messing des Tubus etwas angegriffen wird. Die Beobachtung des Objectes kann ohne Deckglas geschehen.

Fig. 214.



Rindfleisch [1]) änderte die feuchte Kammer v. Recklinghausen's bei seinen Versuchen über niedere Organismen dahin ab, dass er auf einen grösseren Objectträger einen breiten Streifen Fliesspapier brachte, der in der Mitte mit einem viereckigen Ausschnitt versehen war. Auf den Ausschnitt wurde ein kleinerer Objectträger aufgekittet, auf dem das Präparat unter einem Deckgläschen zu liegen kam. Auf das Fliesspapier wurde der Lampencylinder gesetzt. Um die Austrocknung zu verhindern, war der Fliesspapierstreifen auf einer Seite verlängert und in ein bis zum Rande gefülltes Glas Wasser eingetaucht.

b. Die feuchte Kammer Kühne's [2]). Dieselbe besteht aus einem nahe am Boden abgesprengten Bechergläschen, dessen abgeschliffener Rand mit einem sehr grossen Deckglase bedeckt wird. Das Bechergläschen wird auf die Cylinderblendung des Mikroskopes nach Entfernung des feineren Diaphragmas gesetzt und auf den Boden des Gläschens zur Sättigung des eingeschlossenen Raumes mit Wasserdampf etwas Wasser gegossen; hierauf wird das Präparat mit etwas Flüssigkeit auf die untere Fläche des Deckglases ausgebreitet und dieses mit der reinen Fläche nach oben als Deckel auf das Gläschen gelegt. Die Anwendung von Reagentien ist bei dieser Vorrichtung nicht ausgeschlossen, da man sehr bequem das ganze Präparat mit einem Tröpfchen irgend welcher Flüssigkeit befeuchten kann, wo die Untersuchung dies erfordert.

c. Die feuchte Kammer Böttcher's [3]) stellt eine Modification der Kühne'schen dar. Sie besteht aus einem 5 bis 6 mm hohen dick-

---

[1]) Rindfleisch. Untersuchungen über niedere Organismen. Virchow's Archiv Bd. 54, S. 402, 1872,

[2]) Kühne. Ueber die Endigung der Nerven in den Nervenhügeln der Muskeln. Virchow's Archiv Bd. 30, S. 209. 1864.

[3]) Böttcher. Ueber die Molecularbewegung in thierischen Zellen nebst Bemerkungen über die feuchte Kammer. Virchow's Archiv Bd. 35, S. 122. 1866.

wandigen Glasring von 1 bis 3 cm Durchmesser, der auf einen Objectträger mit Asphaltlack gekittet und oben durch ein Deckgläschen mit Hülfe von Fett luftdicht verschlossen wird. Fig. 215, nat. Gr. In den Raum wird etwas Wasser gegossen. Das Object befestigt man an

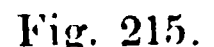
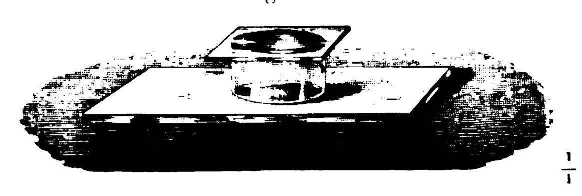


Fig. 215.



der unteren Fläche des Deckglases. Brefeld [1]) benutzt statt des Glasringes einen uhrglasförmigen stark convexen Aufsatz, der oben eine runde Oeffnung hat und nach beiden Seiten abgeschliffen ist. Auf die Oeffnung kommt ein Deckgläschen mit dem Präparate zu liegen.

Die Vorrichtungen von Kühne und von Böttcher haben vor der von v. Recklinghausen verschiedene Vorzüge. Man vermeidet bei Anwendung dieser die Bewegungen, welche bei Benutzung von Immersionslinsen der von der Mikrometerschraube geführte Tubus unvermeidlich auf das Präparat ausübt, wenn dieses auf dem Objectglase ruht, was für die Beurtheilung der Bewegungserscheinungen des Protoplasma von grosser Bedeutung ist; weiter gestatten dieselben ungefähr die Wassermenge zu bestimmen, welche in der Kammer zur Verdunstung kommen soll.

d. Die Glaskammern Geissler's. Für gewisse Zwecke, z. B. die mikroskopische Untersuchung von Speichel während der Secretion, Culturversuchen von Pilzen etc., empfiehlt es sich, die sogenannten Glaskammern, die von v. Recklinghausen und Klebs [2]) ersonnen und von Geissler in Berlin gefertigt werden, in Anwendung zu ziehen. Dieselben stellen in ihrer einfachsten Gestalt platte Capillarröhrchen dar. Die Glaskammern in der Form, wie sie von v. Recklinghausen angegeben wurden, bestehen aus dünnen Glasröhrchen, in deren Mitte eine kleine rundliche Kapsel von capillarer Weite angebracht ist. Bei den Glaskammern nach Klebs, Fig. 216, $^1/_2$ nat. Gr., ist die Kapsel zwar ebenfalls von zwei parallelen Wänden oben und unten begrenzt, die Seitenröhren münden aber etwas unter der oberen Fläche in den Hohlraum ein, was die Herstellung erleichtert.

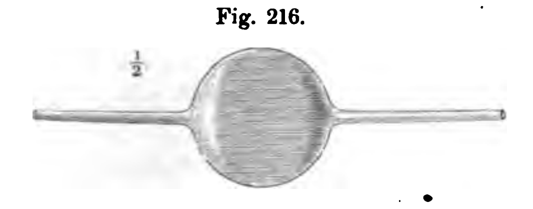
Wir könnten die Zahl der feuchten Kammern, die von verschiedenen Autoren angegeben wurden, leicht vermehren, da die Idee, welche

[1]) Brefeld. Methoden zur Untersuchung der Pilze. Verhandlungen der physikal.-medicin. Gesellsch. in Würzburg. N. F. Bd. 8, S. 53. Anmerk. 1875.

[2]) Klebs. Beiträge zur Kenntniss der Micrococcen. Archiv für experimentelle Patholog. Bd. I, S. 43. 1873.

denselben zu Grunde liegt, sich auf die mannigfaltigste Art ausführen lässt. So kann man z. B. nach Stricker [1]) sich eine feuchte Kammer dadurch herstellen, dass man einen Wall von Glaserkitt auf einem Objectträger errichtet, in diesen etwas Wasser bringt und ihn alsdann mit einem Deckgläschen bedeckt;

Fig. 216.



Klebs [2]) empfiehlt hierzu eine Mischung aus einem Theil Wachs und drei Theilen Colophonium zu benutzen. Die Mischung wird durch einen erwärmten Glasstab auf dem Objectträger in beliebiger Höhe aufgetragen. Statt der Anwendung des Kittes zur Herstellung der Wände der Kammer empfiehlt Ranvier [3]) dünne Glasstreifen auf den Objectträger zu kitten. Ferner können die meisten Vorrichtungen, die wir unter der Rubrik der heizbaren Objecttische und der Gaskammern abhandeln werden, mehr oder minder zweckmässig auch als feuchte Kammern benutzt werden. Engelmann [4]) benutzte z. B. bei seinen Untersuchungen über Knospenbildung bei Vorticella die von ihm construirte Gaskammer.

2. Von den heizbaren Objecttischen.

M. Schultze hat durch die Construction seines heizbaren Objecttisches ein unentbehrliches experimentelles Hülfsmittel in die physiologische Histologie eingeführt. Durch die Erfindung des heizbaren Objecttisches ist nämlich die Möglichkeit gegeben, mikroskopische Objecte leicht verschiedenen Temperaturgraden auszusetzen, sie während des Erwärmens zu beobachten und dadurch ihre Eigenschaften festzustellen. So hat z. B. M. Schultze gezeigt, dass die farblosen Blutkörperchen des Menschen bei 36 bis 40° C. lebhafte Bewegungen machen.

Die Erwärmung des Objectes geschieht bei einer Art von Objecttischen durch eine metallische Unterlage, die erwärmt wird, bei anderen durch warmes Wasser, welches eine feuchte Kammer umspült, in der sich das Object befindet, wieder bei anderen wird die Erwärmung durch den constanten Strom erzeugt. Wir berichten von den heizbaren Objecttischen von M. Schultze, Stricker, Schklarewski, Ranvier und Klebs,

---

[1]) Stricker. Handbuch der Gewebelehre Bd. I, S. VI. 1871.

[2]) Klebs. Beiträge zur Kenntniss der pathogenen Schistomykosen. Archiv für experiment. Patholog. Bd. IV, S. 131. 1875.

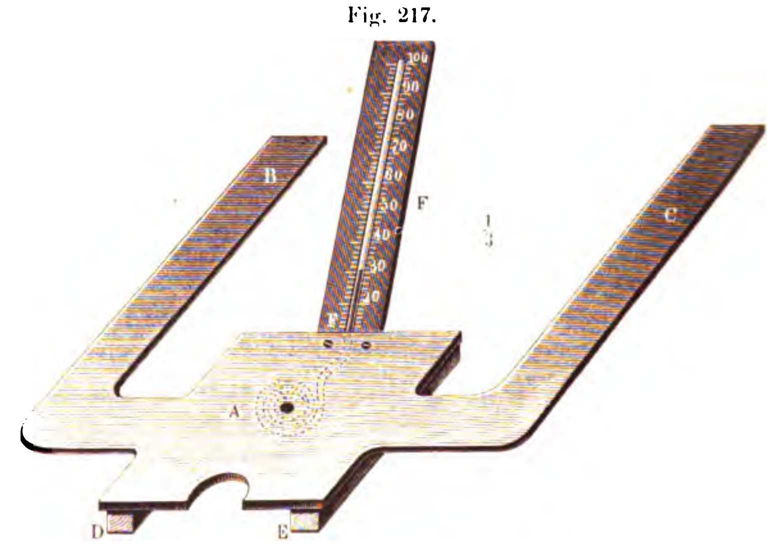
[3]) Ranvier. Traité technique d'histologie p. 43, 1875.

[4]) Engelmann. Ueber Entwickelung und Fortpflanzung von Infusorien. Morpholog. Jahrb. Bd. I. S. 579. 1876.

von denen jeder gewisse Vorzüge besitzt. Im Anschluss hieran geben wir die Beschreibung der Wärmekammern von **Sachs** und **Panum**.

a. **Der heizbare Objecttisch von M. Schultze** [1]). Derselbe besteht aus einer Messingplatte *A*, Fig. 217, $^1/_3$ nat. Gr., von 1 bis 2 mm Dicke, an der zwei seitliche Arme *B* und *C* angebracht sind. Die Länge

Fig. 217.



der Arme beträgt 17 bis 20 cm und ist so gewählt, dass bei Erhitzung ihrer Enden durch kleine Flammen die Mitte des Objecttisches ungefähr Körperwärme, also 35 bis 40° C. annimmt. Die Messingplatte *A* kommt auf den Objecttisch des Mikroskopes zu liegen und ist in der Mitte mit einer Blendungsöffnung versehen.

Um die Mittheilung der Wärme an das Mikroskop zu verhindern, befinden sich unter *A* zwei prismatische Holzleisten *D* und *E*. Die Temperatur wird durch ein Thermometer *F* gemessen, dessen Quecksilberbehälter die Blendungsöffnung in zwei vollständigen Spiraltouren umkreist und dessen Röhre nach vorn an einer Scala befestigt ist, so dass während der mikroskopischen Beobachtung der Stand des Quecksilbers leicht abgelesen werden kann. Der spiralige Quecksilberbehälter liegt der unteren Seite der Messingplatte *A* mit einer abgeplatteten Fläche genau an und ist in einen niedrigen Kasten von Messingblech eingeschlossen, welcher eine Verletzung desselben hindert und ihn vor Abkühlung schützt.

Vor dem Gebrauche der Vorrichtung hat man sich zu überzeugen, ob das Thermometer die Temperatur anzeigt, welche ein auf der Blendungs-

[1]) **M. Schultze.** Ein heizbarer Objecttisch und seine Verwendung bei Untersuchungen des Blutes. Archiv für mikroskop. Anatom. Bd. I, S. 2. 1865.

ffnung liegendes Object wirklich hat. Zu diesem Zwecke bringt man uf den Objectträger kleine Partikelchen von Paraffin, bestimmt dessen chmelzpunkt am Thermometer des Objecttisches und vergleicht ihn mit lem wahren Schmelzpunkt. Es muss sich dann bei langsamem Heizen und Schutze des Objectes vor Luftströmung durch eine aufgestülpte Glashülse zeigen, dass das Paraffin sich auf dem Objectträger verflüssigt, sobald das Thermometer 51 bis 52° C. zeigt, denn dies ist der wahre Schmelzpunkt des Paraffins. Ist dies nicht der Fall, geht, wie man zu agen pflegt, das Thermometer vor, so kann man dem Fehler dadurch begegnen, dass man zwischen Thermometer und untere Seite des Objectisches ein Blättchen dünneren oder dickeren Papieres einschiebt. Ist las Umgekehrte der Fall, ist das Paraffin geschmolzen, ehe das Thermometer auf 51 bis 52° C. gestiegen, so muss der Quecksilberbehälter näher n der Metallfläche befestigt werden. Gelingt es nicht die abgelesenen Thermometerstände mit der wirklichen Temperatur des Objecttisches übereinstimmend zu machen, so ist man darauf angewiesen, eine Correctur n den abgelesenen Thermometerständen anzubringen. Zu dem Ende bringt man kleine Kügelchen verschiedener Fettsorten von bekanntem Schmelzpunkte auf den Objecttisch, erwärmt und beobachtet genau den Schmelzpunkt. Die Differenz zwischen beiden giebt die Grösse der anzubringenden Correctur an. Peremeschko [1]) z. B. beobachtete, dass Kügelchen von Cacaobutter auf dem Objectträger schmolzen, als das Thermometer 24° C. anzeigte. Da nun der Schmelzpunkt derselben Cacaobutter bei 20° lag, so verkleinerte Peremeschko die am Thermometer les Objecttisches abgelesenen Zahlen stets um vier. Aber auch die corrigirten Thermometerstände geben die richtige Temperatur nur annähernd n, da, wie Engelmann [2]) fand, neben anderen Umständen hauptsächlich las Objectivsystem des Mikroskopes von grösstem Einflusse auf die Temperatur des Objectes ist; dasselbe steht mit der grossen kühlen Metallmasse des Mikroskopes in inniger Verbindung und wirkt daher abkühlend auf das erwärmte Object.

Die Grösse der Abkühlung richtet sich nach der Stärke des Objectivsystems. Der Schmelzpunkt emulsionirten Stearins ergab sich unter gleichen Verhältnissen für verschiedene Objective bei folgenden Thermometerständen:

---

[1]) Peremeschko. Beitrag zur Anatomie der Milz. Sitzungsbericht der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. in Wien Bd. 55, I. Abtheil. S. 540. 1867.

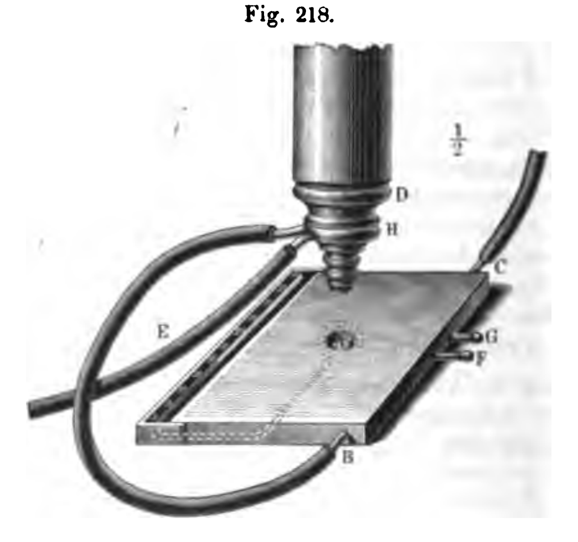
[2]) Engelmann. Ueber Wärmemessungen am Mikroskop. Archiv für mikroskop. Anatom. Bd. IV, S. 335. 1868.

Hartnack-Objectiv	Thermometerstand
4	46·5° bis 47°
5	48·5°
7	54° bis 55°
8	60·5°
Immersion 10	65°

Engelmann empfiehlt deshalb zwischen Objectiv und Tubus d[…] Mikroskopes eine etwa 30 mm lange Elfenbeinröhre einzuschalten, w[…] durch die durch das Objectiv entstehenden Fehler bedeutend ermä[…] werden. Ausser von dem Objectiv hängt die Temperatur des Präpar[…] auch in sehr merklicher Weise von den Dimensionen und dem Mat[…] des Objectträgers ab, auf dem das Object liegt. Bei Gebrauch ein[…] metallischen Objectträgers erhält man andere Temperaturangaben als [...] Anwendung eines gläsernen. Auch die Geschwindigkeit der Erwärmun[…] ist von Einfluss auf die Temperatur des Objectes.

b. **Der heizbare Objecttisch von Stricker** [1]), Fig. 21[…] $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus einem 6 bis 9 cm langen Kästchen von M[…] sing, in dessen Mitte eine centrale Oeffnung *A* und an dessen Seite[…]

Fig. 218.



wänden zwei Ansatzröhren *B* und *C* angebracht sind. Die Oeffnung […] ist auf der unteren Seite durch ein Glasplättchen verschlossen, auf […] obere kommt das Deckgläschen, an dessen unterer Fläche sich das O[…] befindet, zu liegen. Man thut gut, das Deckgläschen mit einem Wa[…] tröpfchen zu befestigen und um die Verdunstung hintanzuhalten den Ra[…] desselben mit etwas Oel zu bestreichen. Die Erwärmung des Obj[…]

[1]) Stricker. Handbuch der Gewebelehre, Bd. I, S. XV. 1871.

geschieht durch Wasser, das bei *B* in den Apparat tritt und denselben bei *C* verlässt. Um die Abkühlung des Objectes durch das Linsensystem hintanzuhalten, ist es zweckmässig zwischen Tubus und Linsensystem einen Holzring *D* einzuschalten und die Linsen selbst zu heizen. Zu dem Ende führt Stricker[1]) um die Linsenhülse eine Bleiröhre *H*, durch welche das erwärmte Wasser strömt, bevor es in den Apparat bei *B* eintritt. Durch eine Reihe von Versuchen überzeugte sich Stricker, dass das Linsensystem, wenn die Temperatur des Wassers nicht hoch über Körperwärme hinausgeht, dabei nicht leidet.

Die Heizung des Objecttisches nimmt man in der Weise vor, dass man in einer Kochflasche, die mit einem Kautschukpfropf und einer rechtwinkelig gebogenen Glasröhre versehen ist, Wasser zum Sieden erhitzt. Die gebogene Glasröhre steht durch einen Kautschukschlauch *E* mit der Bleiröhre *H* in Verbindung. An den Kautschukschläuchen *E* und *C* sind verstellbare Klemmen angebracht. Erhält man das Wasser in der Kochflasche im Sieden, so kann man in dem Objecttische jede Temperatur, von der Zimmertemperatur angefangen bis zur Temperatur des siedenden Wassers, erzielen. Man braucht nur die Geschwindigkeit der Strömung des erwärmten Wassers durch Oeffnen und Schliessen der verstellbaren Klemmen zu ändern, um ein Steigen oder Fallen der Temperatur in dem Objecttische zu bewerkstelligen. Die Temperatur wird durch ein Thermometer gemessen, das seitlich an dem Kästchen angebracht ist und dessen Quecksilberbehälter das centrale Loch *A* spiralig umgiebt.

Beabsichtigt man höhere Temperaturen als 40 bis 45° C. anzuwenden, so verbindet man, damit das Linsensystem nicht leidet, die Kochflasche direct mit der Röhre *B*. Um die Abkühlung des Objectes durch das Linsensystem auch dann noch zu verringern, kann man dasselbe durch die Bleiröhre noch in der nämlichen Weise von einer anderen Kochflasche aus bis 40 oder 45° C. erwärmen.

Die seitlich angebrachten Röhren *F* und *G*, die in die centrale Oeffnung *A* münden, gestatten die Vorrichtung Stricker's auch als Gaskammer zu benutzen. Werden dieselben nicht zu diesem Zwecke gebraucht, so müssen sie bei Versuchen in der Wärme verschlossen werden.

c. Der heizbare Objecttisch von Schklarewski[2]), Fig 219 a. f. S.), 1/3 nat. Gr., besteht aus einem 1 cm hohen messingenen Kasten *G* von der Grösse des gewöhnlichen Mikroskoptisches, der in der Mitte durchbohrt und durch senkrechte Scheidewände, deren Anordnung die punktirten Linien andeuten, in ein System communicirender Räume umgewandelt ist. Diese Räume stehen durch zwei Röhren *A* und *B* mit einem cylindrischen Wasserbehälter *C* oben und unten in Verbindung.

[1]) Stricker. Mikroskopische Untersuchungen des Säugethierkreislaufs. Wien. medicin. Jahrbüch. Jahrg. 1871. S. 132. 1871.

[2]) Schklarewski. Ein neuer heizbarer Objecttisch. Arch. f. mikroskop. Anatomie Bd. IV, S. 342. 1868.

Der Objecttisch *G* ist an einer Ecke verlängert und daselbst ein Thermometer *D* angebracht; an der gegenüberstehenden Ecke ist ein rechtwinkelig gebogenes verticales Rohr *E* angelöthet. Die Erwärmung des

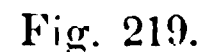
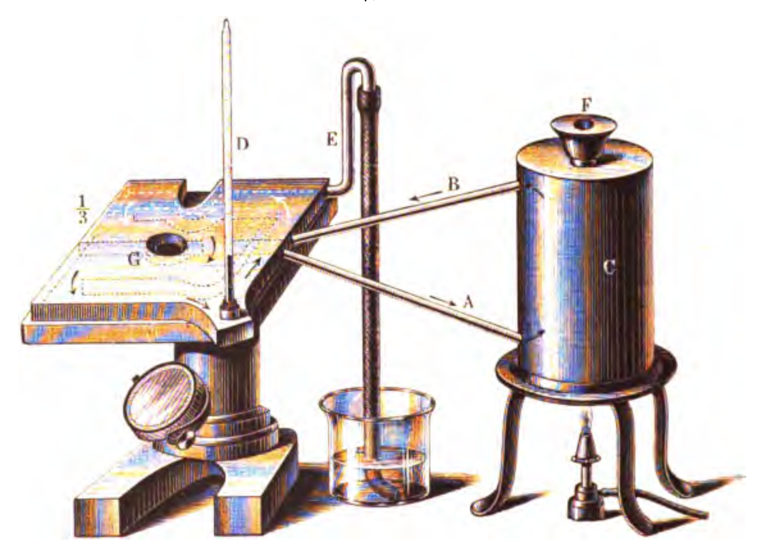


Fig. 219.



Objecttisches geschieht durch Wasser, das in der Richtung der Pfeile in beständiger Circulation erhalten wird.

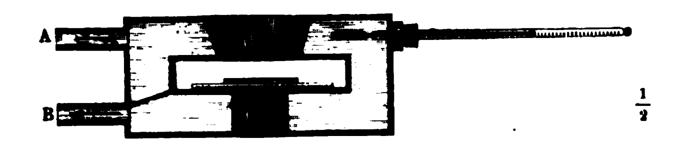
Beim Gebrauche wird zunächst der Kasten *G* auf dem Objecttische des Mikroskopes befestigt; dann giesst man in den Wasserbehälter, den man zweckmässig auf ein Stativ gestellt hat, Wasser und füllt dadurch den ganzen Apparat. Nun verschliesst man die Eingussöffnung des Behälters mit einer Schraube und sichert den luftdichten Verschluss mittelst in den Eingusstrichter *F* gebrachten Wassers. Wird nun *C* erwärmt, so wird dadurch so lange eine Strömung erzeugt, bis im ganzen Apparate eine gleiche Temperatur herrscht. Das beim Erwärmen ausgedehnte Wasser steigt in dem verticalen Rohr *E* in die Höhe und wird von da durch einen Kautschukschlauch in ein Gefäss abgeleitet, woraus es beim Abkühlen des Apparates in entgegengesetzter Richtung aus dem Behälter in den Apparat zurücktritt.

Durch die Anordnung der Scheidewände ist das strömende Wasser gezwungen, stets nur in der durch die Pfeile angedeuteten Richtung alle Theile des Apparates zu durchlaufen und zuletzt die Thermometerkugel zu umspülen. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, den Kasten überall auf eine gleiche Temperatur zu bringen und mit grosser Genauigkeit die wirkliche Temperatur des Kastens durch das Thermometer zu messen.

Wenn man das centrale Loch an der unteren Seite durch einen eingeschobenen schmalen Korkring, auf dem ein rundes Deckgläschen liegt, verschliesst, das Deckgläschen mit etwas Wasser benetzt und alsdann das Loch durch ein zweites Deckgläschen von oben bedeckt, so hat man eine warme feuchte Kammer.

d. Der heizbare Objecttisch von Ranvier [1]), Fig. 220, $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus einem rechtwinkeligen Kasten von Messingblech, der in der

Fig. 220.



Mitte einen horizontalen Spalt und eine centrale Oeffnung besitzt. Die vordere Wand des Kastens besitzt zwei Ansätze *A* und *B*, die durch lange Kautschukschläuche mit einem luftdicht verschliessbaren Wasserbehälter an seinem oberen und unteren Ende, wie bei dem Apparate von Schklarewsky, in Verbindung stehen. An der hinteren Wand des Kästchens ist ein Loch angebracht, in das ein Thermometer eingesteckt ist. Beim Gebrauche wird der Apparat und der verschliessbare Wasserbehälter vollständig mit Wasser gefüllt, dann befestigt man den Kasten auf dem Objecttische des Mikroskopes und stellt dasselbe auf ein Support. Erwärmt man den Wasserbehälter, so strömt das erwärmte Wasser bei *A* in den Apparat und verlässt denselben durch die Röhre *B*. Zum Zustandekommen der Circulation ist es absolut nothwendig, dass sich weder in dem Wasserbehälter noch in dem Objecttische Luft befindet.

Das Präparat wird auf einem Objectträger in den horizontalen Spalt des Kästchens eingebracht. In den unteren Theil *C* des centralen Loches kann man eine Blendung einschieben, in den oberen Theil *D* kommt das Objectivsystem des Mikroskopes. Um die Abkühlung des Deckgläschens hintanzuhalten, kann man den freien Raum zwischen Objectiv und dem Rande von *D* mit Baumwolle ausfüllen.

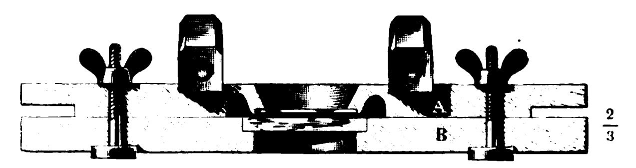
e. Der heizbare Objecttisch von Klebs [2]), Fig. 221 (a. f. S.), $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus zwei planparallelen auf einander geschliffenen Messingplatten von 8 bis 10 cm Länge und 5 mm Dicke, die mittelst zweier Schrauben an einander geschraubt werden. Die obere Platte *A* besitzt in der Mitte eine schwach konische Oeffnung, die durch ein aufgekittetes Deckglas unten geschlossen wird, die untere Platte hat eine jener entsprechende runde Oeffnung, in welche Spiegelglas eingekittet ist. Der Raum zwischen den beiden Glasplatten ist capillar. Rings um

[1]) Ranvier. Traité technique d'histologie, p. 41. 1875.

[2]) Klebs. Beiträge zur Kenntniss der Micrococcen. Arch. für experiment. Patholog. Bd. I, S. 44. 1873.

dieselben zieht in der oberen Platte eine im Querschnitt halbkreisförmige Rinne, die allseitig mit dem Capillarraum communicirt. Die Erwärmung

Fig. 221.



geschieht durch zwei Kupferstreifen, welche an den Enden der planparallelen Platten *A* und *B* eingeklemmt und durch Lampen erhitzt werden. Zur Bestimmung der Temperatur dienen zwei massive, in die obere Platte eingelassene Eisenstücke, welche schräge Bohrlöcher besitzen. Die Bohrlöcher werden mit Quecksilber gefüllt und in dieselben feine Thermometerröhren eingesteckt.

Der Objecttisch kann auch als Gaskammer benutzt werden, da die halbkreisförmige Rinne, welche mit dem Capillarraum communicirt, mit zwei kurzen Röhren in Verbindung steht, welche mit Gasleitungen verbunden werden können, die aber bei Benutzung des Objecttisches zu anderen Zwecken natürlich verschlossen werden müssen.

f. Der auf elektrischem Wege heizbare Objecttisch Stricker's. Bei lange dauernden Versuchen kann es von Vortheil sein, sich des elektrischen Stromes zur Heizung des Objectträgers zu bedienen. Der Apparat, den man hierbei anwendet, ist von Stricker[1]) ersonnen worden. Derselbe, Fig. 222, $^2/_3$ nat. Gr., besteht aus einem Käst-

Fig. 222.



chen von Hartkautschuk, das mit einem centralen Loche versehen ist.

[1]) Stricker. Handbuch der Gewebelehre Bd. I, S. XIII. 1871.

Das centrale Loch ist am oberen Rande mit dem abgeplatteten Quecksilberbehälter *A* eines Thermometers bekleidet, dessen Scala seitlich an der Platte angebracht ist. *A* ist mit einer Spirale aus feinstem Kupfer- oder Platindraht umwunden, dessen Enden mit den breiten Kupferplatten *C* und *D* in Verbindung stehen, in denen die Pole einer Batterie enden. Auf den Quecksilberbehälter kommt das Object entweder auf einem Objectträger oder auf der unteren Seite eines Deckgläschens zu liegen. So wie die Kette geschlossen wird, erwärmt sich die Spirale und dadurch einerseits das Quecksilber und andererseits das Deckgläschen. Die Anzahl der Elemente, welche man in Gebrauch zu ziehen hat, um eine bestimmte Temperatur zu erzielen, richtet sich nach ihrer Grösse und ihrer Constanz. Stricker empfiehlt dazu die Elemente Meidinger's. Die genaue Regulirung der Temperatur muss mit einem Rheostaten bewerkstelligt werden.

Einen auf elektrischem Wege heizbaren Objecttisch hat auch Vogelsang[1]) construirt. Da dieser Apparat aber bis jetzt bei physiologischen Versuchen noch keine Anwendung gefunden, so unterlassen wir seine Beschreibung. Man findet dieselbe am angegebenen Orte. Ein Vortheil der auf elektrischem Wege heizbaren Objecttische überhaupt ist, dass sobald der elektrische Strom geöffnet wird, die Wärmequelle vollständig versiegt und die Temperatur zu sinken beginnt.

So trefflich und handlich die meisten der hier beschriebenen heizbaren Objecttische auch sind, so hat man doch nicht verfehlt, die Schwankungen in der Temperatur, welche bei den immerhin kleinen Vorrichtungen auch bei sorgfältiger Vermeidung aller Fehlerquellen, wie Erwärmung der Linsen etc., vorkommen müssen, dadurch aufzuheben, dass man Mikroskop und Präparat unter gleiche Erwärmungsbedingungen brachte. Sachs und Panum construirten Wärmekasten oder Wärmekammern für Mikroskope, d. h. doppelwandige, erwärmtes Wasser enthaltende Zinkkästen, in welche das Mikroskop eingesenkt wird oder die über das Mikroskop gestülpt werden. Durch diese Vorrichtungen gelingt es das Präparat mit einer constanten Temperatur längere Zeit zu umgeben.

g. Der Wärmekasten von Sachs[2]) besteht aus einem beinahe würfelförmigen Kasten *A*, Fig. 223 (a. f. S.), $^1/_4$ nat. Gr., der unten und an den Seiten doppelte Wandungen besitzt, die einen Raum von etwa 25 mm zwischen sich fassen. Der Kasten ist oben offen, an der vorderen Wand aber befindet sich eine Oeffnung, die mit einer gut passenden aber nicht weiter befestigten Glasscheibe *D* verschlossen wird. *D* ist so gross und so angebracht, dass hinreichend Licht auf den Spiegel des im Kasten stehenden Mikroskopes gelangen kann. Oben wird der Kasten durch

[1]) Vogelsang und Geissler. Ueber die Natur der Flüssigkeitseinschlüsse in gewissen Mineralien. Poggendorff's Annal. Bd. 137, S. 58. 1869.

[2]) Sachs. Lehrbuch der Botanik S. 643. 1873.

einen dicken Pappdeckel *B* verschlossen, der mit einem Ausschnitte versehen ist, durch welchen Tubus und Einstellschraube des Mikroskopes

Fig. 223.



hervorragen. Neben dem Tubus ist in dem Deckel ein rundes Loch angebracht, durch welches man ein kleines Thermometer *C* so tief einschiebt, dass dessen Quecksilberbehälter neben dem Objectiv hängt. Bei *E* befindet sich eine Oeffnung, durch die der Apparat mit Wasser gefüllt wird. Der Kasten ist inwendig schwarz angestrichen; auf dem Boden desselben liegt ein mit Wasser durchtränktes Pappstück. Dasselbe dient einmal dazu, dem Mikroskope festeren Halt zu geben, dann die Luft

in der Umgebung des Objectes feucht zu halten. Zwei seitlich angebrachte, verschliessbare Oeffnungen, von denen in der Figur nur eine *F* sichtbar ist, dienen dazu, den Objectträger, wenn nöthig, mit einer Pincette zu verschieben. Bequemer ist es jedoch, den Objectträger an einem Draht zu befestigen, der durch einen in die Oeffnung *F* passenden Kork geht.

Beim Gebrauche wird der Kasten auf einen Dreifuss gestellt und das Wasser durch eine darunter geschobene Lampe erwärmt. Eine constante Temperatur in dem Raume wird entweder durch einen Thermoregulator erzielt, den man bei *E* in den Zwischenraum zwischen die doppelte Wandung einschiebt oder, wenn kein Gas bequem disponibel, durch Nachtlichtchen, welche auf einem Gefäss, das Wasser und Oel enthält, schwimmen. Je nach der Höhe der Temperatur, die man in dem Kasten haben will, wendet man 1, 2, 3 Lichtchen an. Wenn man für gleichmässiges Brennen sorgt und grössere Differenzen im Niveau der Oelschicht im Gefässe vermeidet, so bleibt die Temperatur im Kasten mehrere Stunden lang so constant, dass sie nur um etwa 1° C. schwankt.

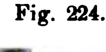
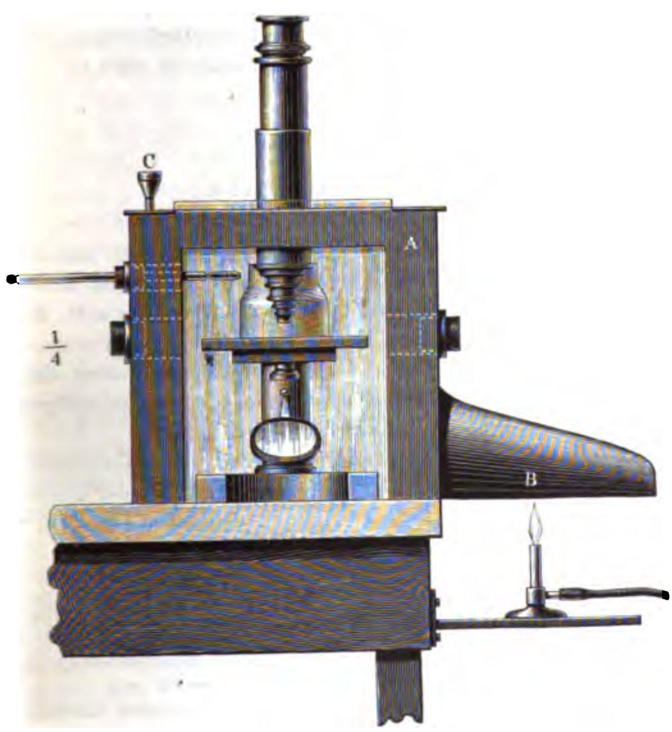


Fig. 224.



h. Die Wärmekammer Panum's[1], Fig. 224 (a. v. S.), 1/4 nat. Gr. besteht aus einem hufeisenförmigen doppelwandigen Blechkasten *A*, an dem eine seitliche Ansatzröhre *B* angebracht ist. Die vordere gerade Wandung des Blechkastens wird durch eine verschiebbare Glasplatte gebildet. In diesen Raum wird das Mikroskop gestellt. Der Raum wird alsdann oben durch einen Deckel, der mit Ausschnitten für Tubus und Einstellungsschraube des Mikroskopes versehen ist, geschlossen. Die Fugen können durch Baumwolle verstopft werden. Der Blechkasten wird durch den Trichter *C* mit Wasser gefüllt; die Erwärmung des Wassers geschieht durch eine Lampe, welche unter *B* angebracht wird. Das Instrument muss deshalb beim Gebrauche an der Kante eines Tisches stehen. Die Temperatur innerhalb der Wärmekammer wird durch ein Thermometer gemessen, das Panum neben dem Tubus, Kühne aber behufs bequemer Ablesung seitlich anbringen liess. Das Object kommt in einer feuchten Kammer zur Untersuchung. Dadurch, dass alle Theile, welche das Object umgeben, den gleichen Bedingungen der Erwärmung unterliegen, ist die Möglichkeit gegeben, die Temperatur, unter welcher sich das Object befindet, genauer zu bestimmen.

Damit in dem Wärmekasten auch Versuche in Gaskammern vorgenommen werden können, dienen zwei seitliche Oeffnungen, welche für gewöhnlich durch Kork verschlossen werden, durch die aber im gegebenen Falle Gasleitungsröhren geführt werden.

3. Die Gaskammern.

Die Form sowie die Bewegungen des Protoplasma werden durch Gase, wie die Versuche von Kühne, Engelmann, Harless und anderen lehren, in mannigfacher Weise beeinflusst. So beobachtete z. B. Kühne[2], dass das Flimmerepithel von den Kiemen der Anodonta in einer Wasserstoffatmosphäre still stand, Stricker[3] sah in der Substanz der rothen Blutkörperchen bei Zutritt von Kohlensäure Niederschläge auftreten, die bei Zutritt von Sauerstoff wieder verschwanden.

Zur Beobachtung der Erscheinungen, welche mikroskopische Objecte unter dem Einflusse der Gase erleiden, bedient man sich der Gaskammern. Die erste Gaskammer construirte Harless[4]. Dieselbe, Fig. 225, nat. Gr.,

---

[1] Panum. Et nyt Apparat til mikroscopik Undersögelse ved forhöjet. konstant og nöje bestemt Temperatur. Nordiskt Mediciniskt Arkiv Bd. VI, Nr. 7, p. 1. 1874.

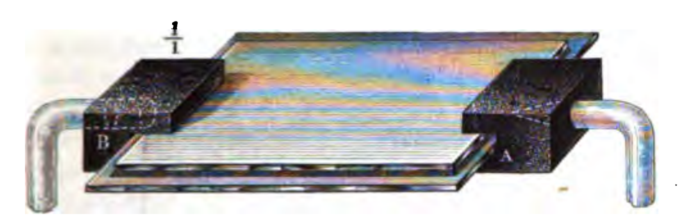
[2] Kühne. Ueber den Einfluss der Gase auf die Flimmerbewegung, Arch. für mikroskop. Anatom. Bd. II, S. 373. 1866.

[3] Stricker. Mikrochemische Untersuchungen der rothen Blutkörperchen. Pflüger's Arch. Bd. I, S. 596. 1868.

[4] Harless. Monographie über den Einfluss der Gase auf die Form der Blutkörperchen von Rana temporaria S. 11. 1846.

bestand aus zwei Glasplatten von der Form der gewöhnlichen Objectträger, die aneinander gekittet waren. Zwischen beiden Platten war ein Zwischenraum von $^1/_2$ bis 1 mm. An den Enden der Glasplatten waren

Fig. 225.



zwei Korkstücke *A* und *B* befestigt, die je von zwei Glasröhren, von denen eine verjüngt, durchbohrt wurden. Die Mündungen der beiden Glasröhren standen in Communication mit dem Hohlraum zwischen beiden Glasplatten. Alle Fugen sowie die Korke wurden mit Siegellack verschmiert. Das Object kam zwischen die beiden Glasplatten zu liegen und wurde dahin auf besondere Weise durch Druck oder Saugwirkung gebracht. Das Gas trat durch die Röhre bei *A* in die Kammer und verliess dieselbe bei *B*. Die Gaskammer von Harless wird jetzt nicht mehr in Anwendung gezogen, da sie von denen, die wir nunmehr beschreiben werden, vollständig verdrängt wurde. Die jetzt gebräuchlichen Gaskammern bestehen entweder vollständig aus Glas oder setzen sich aus Hartkautschuk, Metall und Glas zusammen. Wir beschreiben im Nachfolgenden die Gaskammern von Kühne, Böttcher, Huizinga, Stricker, Lankester, Heidenhain und Engelmann und im Anschluss hieran den Gaswechsler Rollett's.

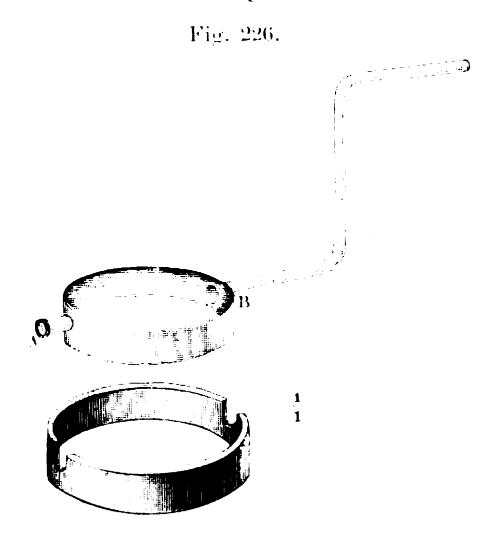
a. **Die Gaskammer Kühne's** [1]) besteht aus einem planparallelen dosenförmigen Glaskästchen, an dem seitlich zwei Ansatzröhren *A* und *B* angeschmolzen sind, Fig. 226 (a. f. S.), nat. Gr. Das Object wird innerhalb des Gefässes auf der unteren Fläche der oberen Platte von der Oeffnung *A* aus ausgebreitet; auf den Boden kommen einige Wassertropfen zur Herstellung eines feuchten Raumes. Befestigt man an *A* und *B* Kautschukschläuche, so kann man die Kammer luftdicht verschliessen oder auch jedes beliebige Gas während der mikroskopischen Untersuchung über das Object leiten. Zur festen Aufstellung auf den Tisch des Mikroskopes dient der Bleiring *C*, in welchem die Kammer mit etwas Kitt fixirt wird.

---

[1]) Kühne. Das Vorkommen und die Ausscheidung des Hämoglobins aus dem Blute. Virchow's Arch. Bd. 34, S. 427. 1865.

Die Gaskammer Kühne's hat weit verbreitete Anwendung gefunden. Derselben bediente sich z. B. Hermann [1]) bei der Untersuchung einiger flüchtigen Substanzen auf die Blutkörperchen.

Fig. 226.



b. **Die Gaskammer Böttcher's** [2]). Eine derartige Kammer stellt man sich dadurch her, dass man auf einen Objectträger zwei Glasröhren *A* und *B*, Fig. 227, nat. Gr., kittet und über denselben einen Glas-

Fig. 227.



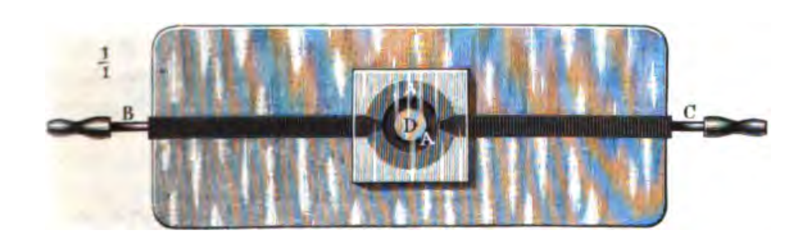
ring *C* gleichfalls mit Kitt befestigt. Den oberen Verschluss der Kammer bildet ein Deckgläschen, an dessen unterer Fläche das Object angebracht wird. Der Rand von *C* wird mit Fett wohl bestrichen. Die Glasröhren *A* und *B* werden mit Kautschukschläuchen in Verbindung gebracht; das Gas tritt bei *A* in die Kammer und verlässt dieselbe durch *B*.

[1]) Hermann. Ueber die Wirkungsweise einer Gruppe von Giften. Arch. für Anatom., Physiologie und wissenschaftl. Medicin. Jahrg. 1866, S. 30, 1866.
[2]) Böttcher. Untersuchungen über die rothen Blutkörperchen der Wirbelthiere. Virchow's Arch. Bd. 36, S. 360. 1866.

c. Die Gaskammer Huizinga's[1]) ist ähnlich wie die Böttcher's gebaut. In der Mitte einer Glasröhre von circa 2 mm Lumen wird eine Kugel von etwa 2 cm Durchmesser geblasen und dieselbe an zwei gegenüberliegenden Stellen glatt abgeschliffen, so dass ein gläserner Ring übrig bleibt, der etwa 1 cm hoch ist und in welchen die beiden Hälften der ursprünglichen Glasröhre einander gegenüber münden. Dieser Ring wird von unten durch ein Deckglas verschlossen, das mit Schellack angekittet wird, von oben aber wird der Verschluss durch ein Deckgläschen erzielt, an dessen unterer Fläche sich das Präparat befindet. Der Rand dieses Deckgläschens wird mit Fett bestrichen und auf den Ring angedrückt.

d. Die Gaskammern Stricker's. Stricker hat mehrere Gaskammern angegeben. Sein heizbarer Objecttisch, Fig. 218, $^1/_2$ nat. Gr., lässt sich dadurch zu einer Gaskammer umgestalten, dass zwei Röhren *F* und *G* in den centralen Raum geführt werden; durch die eine Oeffnung strömt das Gas ein, durch die andere tritt es nach aussen. Auch die Kammer Stricker's, die wir Fig. 222, nat. Gr., abbildeten, lässt sich in gleicher Weise durch zwei Röhren, welche mit dem centralen Loche communiciren, in eine Gaskammer umwandeln. Weit verbreitet ist jedoch

Fig. 228.



die Einrichtung der Gaskammer, deren Abbildung wir in Fig. 228, nat. Gr., geben [2]).

In der Mitte eines aus dickem Spiegelglase geschnittenen Objectträgers wird eine kreisförmige Rinne *A* eingeschliffen; mit dieser Rinne communiciren zwei gleichfalls eingeschliffene Canäle, die der Mittellinie des Objectträgers entlang verlaufen. In diese Canäle werden zwei Glasröhren oder zwei Messingröhren *B* und *C* mit Asphaltlack eingekittet, welche einerseits in die Rinne *A* einmünden, andererseits aber 1 bis 2 cm darüber hervorragen.

Auf den ganzen Objectträger wird ein Blatt Stanniol oder Papier mit dem der Rinne entsprechenden centralen Ausschnitt gekittet, oder auch nur ein Wall um denselben mit Asphaltlack gezogen. Dies

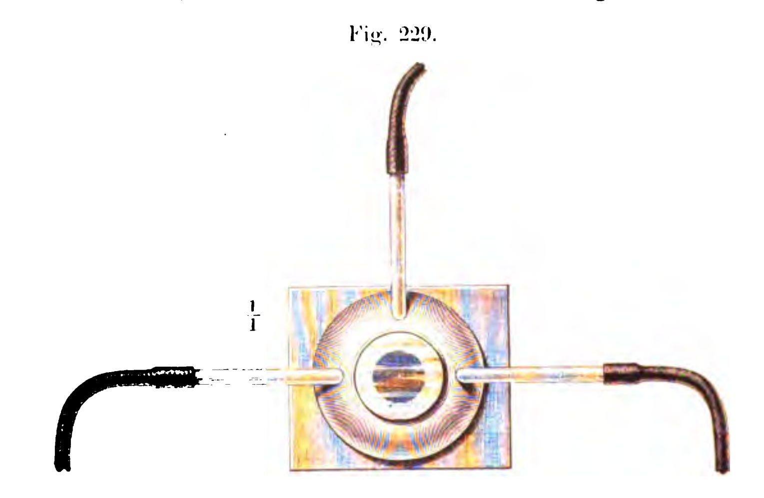
[1]) Huizinga. Ein Apparat zur mikroskopischen Anwendung der Gase. Centralblatt für die med. Wissensch. V. Jahrg. S. 675. 1867.

[2]) Stricker. Eine Gaskammer für mikroskopische Zwecke. Archiv für mikroskop. Anatom. Bd. 3, S. 367. 1867.

geschieht, damit das auf dem mittleren Stücke *D* aufliegende Object nicht gedrückt wird, wenn man die Rinne mit dem Deckgläschen verschliesst. Ist am Drucke nichts gelegen, so kann man den Ueberzug von Stanniol oder Papier weglassen. Wenn das Object mit dem Deckgläschen bedeckt ist, trocknet man dessen Ränder mit Fliesspapier und bestreicht sie mit erwärmtem Talg. Der Talg erstarrt rasch und das Deckgläschen ist nun fest auf dem Objectträger angekittet. Leitet man nun, z. B. durch *B*, Gas in die Rinne, so umspült dasselbe das Object von allen Seiten, ohne es zu erschüttern; das Gas tritt bei *C* nach aussen. Ranvier [1]) hat diesen Apparat dadurch modificirt, dass er statt des Objectträgers von Glas einen solchen von Hartkautschuk anwendet, in welchem die Gasleitungsröhren verlaufen. In der Mitte befindet sich ein centrales Loch, das unten mit einer Glasplatte verschlossen ist. Auf diese Glasplatte ist ein kreisrundes Gläschen aufgekittet, auf welches das Object zu liegen kommt. Ein Deckgläschen, welches auf die obere Oeffnung gelegt wird, schliesst den so gebildeten Raum ab, drückt jedoch das Object nicht, da das in der Mitte befindliche kreisrunde Glasplättchen nicht die Dicke der Kautschukplatte besitzt.

e. **Die Gaskammer von Lankester** [2]) weicht dadurch in der Construction von den bisher beschriebenen Apparaten ab, dass dieselbe mit drei Ansatzröhren versehen ist. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, ein Object rasch hintereinander dem Einflusse verschiedener Gase auszusetzen, ohne dass eine Kautschukverbindung zu wechseln ist.

Fig. 229.



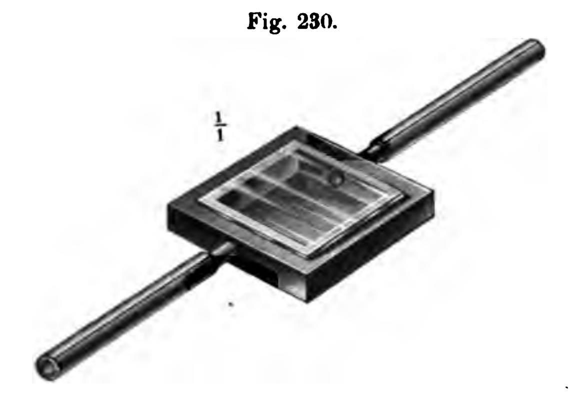
[1]) Ranvier. Traité technique d'histologie p. 44. 1875.

[2]) Lankester. Observations and experiments on the red bloodcorpuscle, chiefly with regard to the action of gases and vapours. Quarterly Journ. of microscop. science Vol. XI, p. 362. 1871.

Der Apparat, Fig. 229, nat. Gr., besteht aus einem Uhrschälchen, an das in der Mitte eine plane Oeffnung geschliffen ist und an dem seitlich für drei Glasröhren Einschliffe angebracht sind. Das Uhrschälchen und die Glasröhren werden auf einen gläsernen Objectträger gekittet. Der Verschluss geschieht durch ein Deckgläschen, dessen Rand mit Fett bestrichen ist und auf dessen unterer Fläche sich das Object befindet. Durch Anlegen und Lösen von Klemmen hat man es in der Gewalt, bald das eine, bald ein anderes Gas in die Gaskammer treten zu lassen.

f. Die Gaskammer Heidenhain's zeigt Fig. 230, nat. Gr. Dieselbe besteht aus einem massiven viereckigen Messingrahmen, an

Fig. 230.



dessen Seitenwänden einander gegenüberstehend zwei Messingröhren eingefügt sind. Der Messingrahmen wird auf der unteren Seite durch ein aufgekittetes Deckgläschen verschlossen, auf die obere kommt gleichfalls ein Deckgläschen, an dessen unterer Fläche das Präparat befestigt wird. Das Gas wird durch die seitlich angebrachten Röhren durch die Kammer geleitet. Diese Gaskammer ist im physiologischen Institute zu Breslau in stetem Gebrauche. Die Gaskammer, deren sich A. Schmidt und Schweigger-Seidel [1]) bei ihren Untersuchungen über das Verhalten der Blutkörperchen im luftleeren Raume bedienten, unterscheidet sich von der Heidenhain's nur dadurch, dass diese Forscher zu der Gaskammer statt des viereckigen Messingrahmens einen breiten abgeschliffenen Metallring nahmen.

g. Die Gaskammer Engelmann's [2]) besteht aus einem flachen Messingkästchen, Fig. 231 (a. f. S.), nat. Gr., mit luftdicht eingekittetem Glasboden *A* und abhebbarem Deckel *B*. In der Mitte des Deckels ist

---

[1]) A. Schmidt und Schweigger-Seidel. Einige Bemerkungen über die rothen Blutkörperchen. Berichte über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Mathem. phys. Cl. Bd. 19, S. 199. 1867.

[2]) Engelmann. Ueber die Flimmerbewegung. Jenaische Zeitschr. für Medicin und Naturwissensch. Bd. 4, S. 331. 1868.

eine grössere kreisförmige Oeffnung angebracht, welche durch ein innen aufgeklebtes Deckglas verschlossen wird. Auf der unteren Fläche dieses

Fig. 231.



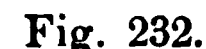
Deckglases wird das Object angebracht. Zwei in den Kammerwandungen angebrachte Ansatzröhren gestatten die Durchführung von Gasen während der Beobachtung.

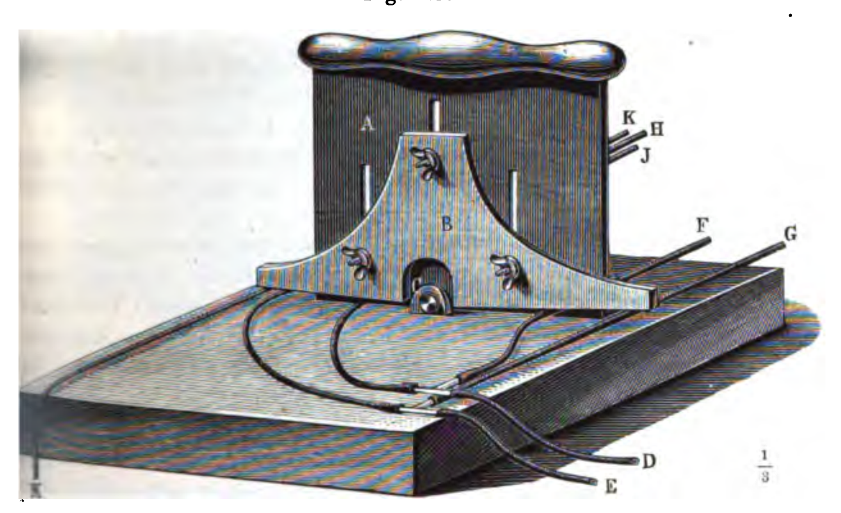
Obwohl die heizbaren Objecttische zum Theil auch als Gaskammern zu verwenden sind, so eignen sich dieselben doch nicht zu Versuchen, in welchen man den Einfluss von Gasen auf das erwärmte Object studiren will, da sich zu leicht auch bei aller Vorsicht in der Wärmeregulation Niederschläge an dem Deckgläschen und damit auf dem Object aus der mit Wasser gesättigten Atmosphäre, welche dasselbe umgiebt, bilden. Man wird deshalb derartige Versuche in grösseren Wärmekammern vorzunehmen haben. Hierzu dürften sich die Wärmekammern von Sachs oder Panum empfehlen. Zu diesem Zwecke sind auch an denselben in der Höhe des Objecttisches seitlich Oeffnungen angebracht, welche für gewöhnlich verschlossen sind, durch die aber erforderlichen Falles leicht Gase zu- und abgeführt werden können.

h. Der Gaswechsler Rollett's [1]). Dieser Apparat gestattet in raschem Wechsel verschiedene Gase über mikroskopische Präparate streichen zu lassen. Er besteht aus einem aus zwei Messingplatten *A* und *B* gefertigten Hebel, der um eine horizontale Axe *C* drehbar ist. Fig. 232 1/3 nat. Gr. Die Messingplatte *A* dreht sich in der Axe und ist am oberen Rande mit einer gut zu fassenden Handhabe von Holz versehen. Die Platte *B* ist an *A* mittelst dreier Schrauben befestigt und kann durch Lüften der Schrauben in den senkrechten Schlitzen der Platte *A* auf- und abgeschoben und dadurch höher oder tiefer gestellt werden. Der untere Rand beider Platten bildet einen stumpfen Winkel, dessen Halbirungslinie durch die Drehungsaxe fällt. Der Hebel kann leicht mit einer Hand dirigirt werden und klemmt, nach rechts oder links umgelegt die zu beiden Seiten unter den Hebelarmen verlaufenden Kautschukschläuche. Werden die Hebelarme verkürzt, was man dadurch erreicht dass man die Platte *B* höher einstellt, so dass ihr unterer Rand nicht mehr mit der Platte *A* zusammenfällt, so werden nur die zunächst liegenden Schläuche *F* und *I* comprimirt. Die Schläuche sind so angeordnet, dass unter dem rechten Hebelarm zwei Schläuche liegen, die mit

[1]) Rollett. Ueber die Zersetzungsbilder der rothen Blutkörperchen. Untersuchungen aus dem Laboratorium für Histologie und Physiologie in Graz S. 20, 1870.

T förmigen Röhren in Verbindung stehen. Auf diese sind wieder an den beiden anderen Enden gleichfalls Kautschukschläuche aufgeschoben. Die


Fig. 232.



Schläuche *D* und *E* stehen mit der Gaskammer in Verbindung. Verbindet man nun die Schläuche *F* und *H* mit Gasentwicklungsapparaten oder Gasometern, die mit Gas gefüllt sind, so strömt, wenn der Hebel nach links gedreht ist, das Gas durch die Schläuche *F* und *D* in die Gaskammer, von da nach *E* und durch den Schlauch *G* nach aussen, in dem anderen Falle, wenn der Hebel nach rechts gedreht ist, geht das Gas aus den Gasbehältern durch die Kautschukschläuche *H* und *E* zu der Gaskammer, und von da durch *D* und *I* nach aussen.

Sind z. B. kohlensäurefreie Luft und Kohlensäure durch die Gaskammer abwechselnd zu leiten, so verbindet man, nachdem man den unteren Rand von *B* mit dem von *A* gleichgemacht hat, den Schlauch *F* mit dem Kohlensäureapparat und den Schlauch *H* mit einer Waschflasche, welche Kalilauge zur Absorption der in der Luft enthaltenen Kohlensäure enthält; alsdann verbindet man *I* mit einem Aspirator, dessen Abflussröhre *K* man gleichfalls noch unter dem Hebelarm anbringen kann. Beugt man nun den Hebel nach links, so strömt die Kohlensäure bei *F* ein, geht durch *D* in die Gaskammer, und von da durch *E* und *G* nach aussen, legt man den Hebel nach rechts, so läuft Wasser aus dem Aspirator, z. B. einer grossen mit Wasser gefüllten Flasche, die mit einem Heber versehen ist, durch *K* ab, und Luft wird durch *H* und *E* in die Gaskammer, und weiter durch *D* und *I* in den Aspirator gesogen.

Sind zwei Gase aus zwei Behältern durch die Gaskammer zu leiten, so schraubt man den Hebelarm *B* in die Höhe, klemmt die Kautschuk-

schläuche *K* und *H* dauernd ab, und verbindet *F* und *I* mit den Gasometern. Dreht man den Hebel nach rechts, so strömt das Gas aus dem einen Gasometer bei *I* ein, geht durch *D* zu der Gaskammer und durch die Kautschukschläuche *E* und *G* nach aussen; dreht man den Hebel nach links, so tritt das Gas aus dem anderen Gasometer durch *F* und *D* in die Gaskammer und durch *E* und *G* gleichfalls nach aussen. Umgekehrt kann man den Kautschukschlauch *G* dauerd abklemmen und Gase mittelst eines Aspirators durch die Gaskammer leiten. Will man z. B. abwechselnd reine, dann mit Dämpfen geschwängerte Luft durch die Gaskammer leiten, so strömt, wenn *H* mit dem Aspirator und *F* mit einer Vorlage verbunden ist, aus welcher Dämpfe sich entwickeln, bei Drehung des Hebels nach links die mit den Dämpfen geschwängerte Luft durch *D* in die Gaskammer und von da durch *E* und *H* in den Aspirator; ist dagegen der Hebel nach rechts umgelegt, so strömt Luft durch *I* und *D* in die Gaskammer und von da durch *E* und *H* in den Aspirator.

4. Die elektrischen Reizvorrichtungen.

Neben der Temperatur übt die Elektricität einen mächtigen Einfluss auf die Gestalt und die Bewegungen des Protoplasmas aus, wie die Versuche von Brücke, Kühne und anderen darthun. Brücke z. B. sah auf Einwirkung von Inductionsschlägen die Molecularbewegung der Speichelkörperchen aufhören, Kühne beobachtete, wie in Folge der elektrischen Reizung die Amöben Kugelform annahmen. Um den Einfluss der elektrischen Erregung auf die Elementarorganismen zu beobachten, bedient man sich besonderer Reizvorrichtungen. Derartige Vorrichtungen wurden von Brücke, Kühne, Stricker und Engelmann angegeben.

a. Die Reizvorrichtung Brücke's [1]) besteht aus einer dünnen, in der Mitte für den Durchgang des Lichtes durchbohrten Holzplatte *A*, Fig. 233, $\frac{1}{2}$ nat. Gr., auf welcher zwei Kupferstreifen *B* und *C* eingelassen sind, deren Enden mit den stromzuführenden Drähten in Verbindung gesetzt werden.

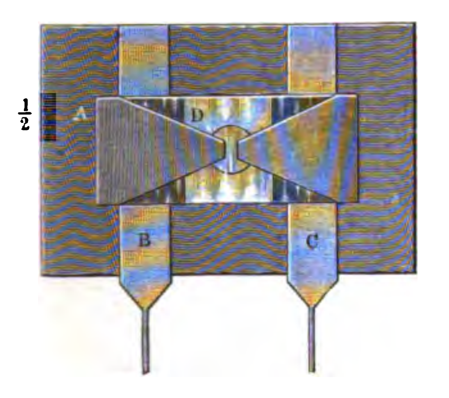
Auf die Kupferschienen kommt ein Objectträger *D* zu liegen, der mit zwei getrennten Stücken Stanniol beklebt ist, die auf der oberen Fläche in abgestumpften spitzen Winkeln gegen einander laufen, auf der unteren Fläche aber behufs der Verbindung mit den Kupferschienen umgeschlagen sind. Zwischen den abgestumpften Spitzen der oberen Stanniolplatten ist ein Zwischenraum von ungefähr 5 mm. In diesen Zwischenraum kommt das Object, das man der elektrischen Reizung unterwerfen will, unter einem Deckgläschen zu liegen. Diese Form der

[1]) Brücke. Ueber die sogenannte Molecularbewegung in thierischen Zellen insonderheit in den Speichelkörperchen. Sitzungsber. der mathem. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 45, Abth. 2, S. 10. 1862.

stromzuführenden Objectträger hat allgemein Eingang gefunden. Einen Beleg hierfür bilden z. B. die Versuche Golubew's [1]).

Statt des Stanniols benutzt man häufig Platten von dünnem Platinblech. Die Holzplatte mit den Kupferschienen machte Neumann [2]) dadurch entbehrlich, dass er nur die obere Fläche des Objectträgers mit Stanniolstreifen belegte und auf dieselben, um die Verbindung mit den elektrischen Apparaten herzustellen, zwei Metallklötzchen, an welchen die stromzuführenden Drähte befestigt waren, wie kleine Gewichte aufsetzte.

Fig. 233.



b. Die Reizvorrichtung Kühne's [3]) bildet ein gläserner Objectträger, auf den zwei Streifen dünnen Platinbleches von Form der Fig. 234, nat. Gr., aufgeklebt werden. Das Object kommt auf die schmalen Streifchen zu liegen. Der elektrische

Fig. 234.



Strom erfährt bei dieser Vorrichtung geringeren Widerstand, weshalb schwächere Ströme angewandt werden können.

c. Die Reizvorrichtung Stricker's erhält man dadurch, dass man die an den hervorstehenden Enden blank geputzten Messingröhren *B* und *C* seiner Gaskammer, Fig. 228, nat. Gr., S. 263, mit Drähten um-

---

[1]) Golubew. Ueber die Erscheinungen, welche elektrische Schläge an den sogenannten farblosen Formbestandtheilen des Blutes hervorbringen. Sitzungsb. der mathem. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 57, Abth. 2. S. 556. 1868.

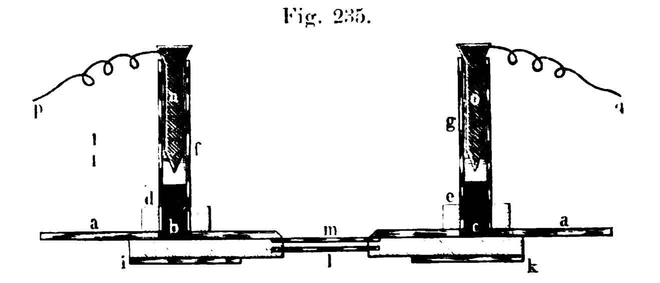
[2]) Neumann. Mikroskopische Beobachtungen über die Einwirkung elektrischer Ströme auf die Blutkörperchen. Arch. für Anatom., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1865, S. 676. 1865.

[3]) Kühne. Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. S. 77. 1864.

wickelt, die mit einem Inductionsapparate oder den Polen einer galvanischen Säule in Verbindung stehen.

d. Die Reizvorrichtung Engelmann's. Bringt es die Art des Versuches mit sich, dass unpolarisirbare Elektroden angewandt werden müssen, so kann man sich der Vorrichtung Engelmann's[1]) bedienen. Zu dem Ende setzt man auf die Gaskammer, welche wir Fig. 231, nat. Gr., S. 266, abbildeten, statt des messingenen Deckels *B* eine gläserne Platte *a* auf, die zu beiden Seiten bei *b* und *c* durchbohrt ist, Fig. 235, nat. Gr. Auf den Rand dieser Durchbohrungen werden zwei Glasringe *d* und *e*

Fig. 235.



mit Kautschukkitt aufgeklebt, in welche zwei Glasröhren *f* und *g* nach Belieben herausgenommen oder hineingesteckt werden können. Auf der unteren Seite des Deckels *a* bei *i* und *k* sind zwei halbcylindrische Glasrinnen angekittet, in welchen mit Wasser oder mit Kochsalz getränkte Papierbäusche liegen. Zwischen den Papierbäuschen wird ein Deckgläschen *l* festgehalten. Das Object befindet sich in einem Tropfen unterhalb des an den Deckel *a* angekitteten Deckgläschens *m*.

Um den Strom dem Präparate zuzuführen, wird das untere Viertel der Glasröhren *f* und *g* mit Modellirthon, der mit Kochsalzlösung getränkt ist, gefüllt. Auf den Thon kommt eine concentrirte Lösung von Zinkvitriol, in welche zwei Zinkpfröpfe *n* und *o* von der in der Figur angegebenen Form eintauchen. An die Zinkpfröpfe sind zwei gut lackirte dünne Drähte *p* und *q* angelöthet.

Will man einen Versuch machen, so verschliesst man zunächst die Oeffnungen *b* und *c* des Deckels *a* und die untere Hälfte der Glasringe *d* und *e* mit einem festen Thon- oder Papierpfropf. Darauf dreht man den Deckel um und tränkt die Papierbäusche mit Wasser oder Kochsalzlösung, bis sie keine Flüssigkeiten mehr aufnehmen. Dann bringt man das Object in einem Tropfen auf das Deckgläschen *m* und deckt das Deckgläschen *l* darüber. Nun wird der Deckel auf die Gaskammer gelegt, und die beiden vorher mit Zinkvitriol gefüllten Glasröhren *f* und *g* werden in die Glasringe *d* und *e* eingesteckt und soweit eingedrückt, dass die

[1]) Engelmann. Beiträge zur Physiologie des Protoplasma. Pflüger's Arch. Bd. 2. S. 312. 1869.

Leitung gut hergestellt ist. Will man ein neues Präparat der elektrischen Reizung unterwerfen, so nimmt man die Röhrchen *f* und *g* heraus, dreht den Deckel um und hebt das Deckgläschen *l* ab. Dann verfährt man, wie eben angegeben, weiter.

5. Die Compressionsmethode.

Ueber die Einwirkung directer mechanischer Eingriffe auf die Form der Elementarorganismen liegen Angaben von Stricker über die weissen Blutkörperchen vor. Stricker [1]) bediente sich dabei der sogenannten Compressionsmethode. Diese Methode besteht darin, dass man das Object mit etwas Flüssigkeit in der gewöhnlichen Weise unter das Mikroskop legt und dann durch Anlegen eines schmalen Streifens Fliesspapier an das Deckgläschen die darunter befindliche Flüssigkeit aufsaugt. Dadurch wird das Deckgläschen an den Objectträger angedrückt und das dazwischen liegende Object comprimirt. Um die Compression in jedem Momente zu sistiren, darf man nur mit dem Ansaugen aufhören; um sie vollständig aufzuheben, bringt man einen Tropfen Flüssigkeit an das Deckgläschen, dasselbe wird dann sofort wieder gehoben. Bei der Anwendung dieser Methode kommt die Grösse des Deckgläschens sehr in Betracht. Mit einem grösseren Deckgläschen lässt sich ein grösserer Druck ausüben, als mit einem kleineren. Auerbach [2]) macht darauf aufmerksam, dass Deckgläschen, die mehr als 18 mm Seitenlänge haben, die Compressionswirkung dadurch schmälern, dass sie meistens von der ebenen Gestalt sehr abweichen und nach einer Seite stark ausgebogen sind, wie man bei Besichtigung von der Kante aus erkennen kann. Man muss deshalb eines aussuchen, das diesen Fehler nicht besitzt; bei einigem Suchen wird man immer eins finden. Wendet man ein grösseres Deckgläschen an, so muss man, wenn man die Compressionswirkung allmälig hervorrufen will, von vornherein mehr Zusatzflüssigkeit auf den Objectträger bringen, um nicht beim Auflegen des Deckgläschens plötzlich den höchsten Grad der Compression zu erzielen.

6. Die Einwirkung chemischer Agentien.

Wenn man den Einfluss chemischer Agentien auf das Protoplasma studiren will, so setzt man dieselben entweder sofort dem Objecte zu, bevor man das Deckgläschen auflegt, oder lässt sie allmälig einwirken.

---

[1]) Stricker. Untersuchungen über das Leben der farblosen Blutkörperchen des Menschen. Sitzungsb. der mathem. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 55, Abth. 2, S. 178. 1867.

[2]) Auerbach. Organologische Studien S. 184, 1874.

Bei letzterem Verfahren bringt man einen Tropfen des betreffenden Reagens neben das Deckgläschen, unter dem das Object liegt, und stellt eine Verbindung zwischen der Flüssigkeit unter dem Deckgläschen und dem Reagens her. Die allmälige Mischung geht rascher vor sich, wenn man einen Baumwollfaden zwischen Flüssigkeit unter dem Deckgläschen und dem Tropfen des zugesetzten Reagens bringt; noch rascher geht die Einwirkung auf das Object vor sich, wenn man ein Stückchen Fliesspapier mit scharf abgeschnittenem Rande an das andere Ende des Deckgläschens anlegt und das Reagens so unter dem Deckgläschen durchsaugt. Will man das Reagens wieder fortschaffen, sei es, dass man ein anderes an dessen Stelle treten lassen will, sei es, dass man das Präparat auszuwaschen hat, so bringt man an die Stelle des ersten Tropfens das neue Reagens oder Wasser und saugt auf der anderen Seite mittelst Papier die Flüssigkeit an.

III. Von der Entstehung der Zelle.

Bekanntlich bildet der im Jahre 1855 von Virchow[1]) zuerst ausgesprochene Satz: „omnis cellula a cellula" die Grundlage unserer heutigen Vorstellungen von der Genese der Elementarorganismen. Dieser Satz sagt aus, dass die Vermehrung der Elementarorganismen nur von diesen selbst ausgeht. Wie bisher ermittelt, geschieht dieselbe entweder durch Theilung oder durch Knospung; niemals entstehen Elementarorganismen aus structurloser Substanz, wie Schwann sich vorstellte. Zur Erklärung der Entstehung der Elementarorganismen überhaupt stellte man die Hypothese der Urzeugung auf. Allein so oft auch schon behauptet wurde, das unter Umständen sich gewisse niedere Organismen aus formloser organischer Materie entwickelt haben, so hat sich doch stets nachweisen lassen, dass wenn man den Zutritt der Keime durch geeignete Vorsichtsmassregeln von der organischen Materie abhielt, auch die Entwickelung der Organismen ausblieb.

Wir berichten im Nachfolgenden von der Gewinnung von Präparaten, welche eine Anschauung von den Arten der Vermehrung der Zellen geben, sowie von einigen historisch gewordenen Fundamentalversuchen, durch welche die Lehre von der Urzeugung bisher bekämpft wurde.

1. Die Zellenvermehrung.

Wie erwähnt geschieht die Vermehrung der Zellen entweder durch Theilung oder durch Knospung.

---

[1]) Virchow. Cellularpathologie. Virchow's Arch. Bd. 8, S. 23. 1855.

a. Vermehrung der Zellen durch Theilung. Als Beispiel dieser Art der Zellenvermehrung führen wir den Furchungsprocess in den Eiern von Ascaris nigrovenosa Rud. an. Es ist dies ein fadenförmiger Wurm von über 1 cm Länge, der als Schmarotzer in den meisten Lungen von Rana temporaria, dem braunen oder Grasfrosche, nicht aber von Rana esculenta, dem grünen Wasserfrosche, angetroffen wird. Des Wurmes wird man habhaft, wenn man die herausgeschnittene Lunge in einem Uhrschälchen in etwas Wasser zerzupft. Den isolirten Wurm bringt man auf einen Objectträger und zerdrückt ihn. Auf diese Weise bekommt man Eier in allen Stadien der Furchung zu sehen. Ascaris nigrovenosa Rud. darf nicht verwechselt werden mit Distomum cylindriaceum, welcher sich gleichfalls als Schmarotzer äusserst häufig in den Lungen der braunen Frösche findet. Distomum cylindriaceum ist beinahe noch einmal so gross als Ascaris nigrovenosa.

Die Vermehrung der Zellen durch Theilung kann man auch leicht bei den Knorpelzellen beobachten. Zu dem Behufe macht man sich z. B. einen nicht allzu dicken Schnitt durch den frischen Gelenkknorpel eines Frosches und bringt ihn in Serum unter das Mikroskop. Wohl auf jedem Schnitt wird man Knorpelzellen in Theilung finden.

b. Vermehrung durch Knospung. Als Beispiel der Vermehrung von Zellen durch Knospung kann der Hefepilz, Micrococcus cerevisiae, dienen [1]. Wenn man etwas käufliche Hefe in eine 2- bis 4 proc. Traubenzuckerlösung bringt und lässt 24 Stunden stehen, so findet reichliche Knospenbildung statt.

Das Phänomen der Knospung zeigen häufig auch die Infusorien Vorticella Müll. und Epistylis Ehr. Species der Gattung Vorticella findet man in jedem Sumpfwasser, namentlich erhält man Vorticella campanula häufig, wenn man den grünen Schlamm aus Sümpfen mit Wasser in offenen Gefässen der Sonne aussetzt und dabei für Erneuerung des verdunstenden Wassers Sorge trägt. Bei einigem Suchen wird man stets einzelne Exemplare finden, welche Knospung zeigen. Manchmal aber tritt die Knospenbildung bei diesen Thierchen gewissermaassen epidemisch auf, dann findet man jedes vierte oder fünfte Individuum mit Knospen besetzt, wie Engelmann [2] angiebt.

---

[1] Häufig führt man als Beispiel der Vermehrung der Zellen durch Knospung die Eiertrauben von Gordius nach den Untersuchungen von Meissner an. Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gordiaceen, Zeitschrift für wissensch. Zool. Bd. 7, S. 116. 1856. In den Lehrbüchern der Physiologie von Wundt. Lehrbuch der Physiologie S. 105. 1865 und S. 105. 1868 und Ranke: Grundzüge der Physiologie S. 11. 1868 ist dazu eine Abbildung gegeben, aber nicht von den Eiertrauben von Gordius, sondern von der Eibildung von Venus decussata. Der Irthum ist wohl dadurch entstanden, dass Leydig in seinem Lehrbuche der Histologie S. 12. 1857 die Abbildung der Eibildung von Venus decussata vor der der Eiertrauben von Gordius giebt.

[2] Engelmann. Ueber Entwickelung und Fortpflanzung von Infusorien. Gegenbauer's Morpholog. Jahrb. Bd. I, S. 578. 1876.

Epistylis plicatilis findet sich häufig in stehendem Wasser auf den Gehäusen von Sumpfschnecken, Paludina Lam., oder auf der unteren Fläche von Wasserpflanzen in Colonien kleine weissliche Knötchen darstellend, aufsitzen. In jeder Colonie findet man Exemplare, welche Knospung zeigen.

2. Die Versuche über Urzeugung.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, die experimentelle Basis aller der Versuche zu geben, durch welche erwiesen wurde, dass nur dann Leben in einer organischen Substanz entsteht, wenn fortpflanzungsfähige Elementarorganismen, welche sich allenthalben in Luft, Wasser etc. befinden, in dieselbe gelangen, dass das Leben aber ausbleibt, wenn dieselben durch geeignete Vorsichtsmaassregeln abgehalten werden. Wir gedenken darum nur der Methoden, welche in der Geschichte der Urzeugung eine hervorragende Rolle spielen. Wir sprechen nur von den Versuchen von Spallanzani, Schwann, Schulze, Schröder, v. Dusch und Pasteur.

Durch die Versuche von Spallanzani ist erwiesen worden, dass niemals in gekochten organischen Substanzen bei Abschluss der Luft Organismen entstehen; durch die Versuche von Schulze, Schwann, Schröder und v. Dusch, dass die Entstehung von Organismen auch dann nicht erfolgt, wenn die Luft in der Flasche, welche die organischen Substanzen enthält, erneuert wird, sei es dass dieselbe vor dem Eintritt in die Flasche durch Schwefelsäure, durch erhitzte Metallmassen oder durch eine Baumwollschicht geleitet wird; endlich ist von Pasteur gezeigt worden, dass in gekochten organischen Flüssigkeiten bei geeigneter Versuchseinrichtung auch bei Zutritt unfiltrirter Luft sich niemals Organismen bilden.

a. **Die Versuche von Spallanzani** [1]) bestehen darin, dass verschiedene Infusionen organischer Substanzen in Fläschchen gefüllt, hermetisch verschlossen und eine Stunde in einem grossen Gefässe mit Wasser gekocht werden. In diesen Fläschchen entwickeln sich keine Organismen. Brachte Spallanzani den Fläschchen aber nach dem Kochen einige Sprünge bei, wodurch Luft in das Innere derselben eintreten konnte, so geschah es zuweilen, dass sich Organismen in den Infusionen entwickelten. Diese Versuche sind seit der Zeit, wo sie gemacht wurden, stets mit dem nämlichen Erfolge wiederholt worden, unter anderen z. B. von Leuckart [2]). Die Versuche Spallanzani's werden jetzt nicht mehr in Fläschchen wiederholt, die man verkorkt und ver-

---

[1]) Spallanzani. Physikalische und mathematische Abhandl. S. 203. 1769

[2]) Leuckart. Zeugung. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie Bd. IV, S. 999. 1853.

siegelt, sondern in Fläschchen, deren Hals man vor der Glasbläserlampe auszieht und zuschmilzt.

b. Der Versuch von Franz Schulze[1]. Eine Kochflasche *A*, Fig. 236, $^1/_5$ nat. Gr., die verschiedene animalische und vegetabilische

Fig. 236.



Stoffe in Wasser suspendirt enthält, wird durch einen doppelt durchbohrten Kork, in dem zwei rechtwinklig gebogene Glasröhren stecken, verschlossen. Die Flüssigkeit in der Kochflasche wird hierauf auf einem Sandbade stark erhitzt, bis alle Theile die Temperatur des kochenden Wassers angenommen haben. Noch während die heissen Wasserdämpfe durch die beiden Glasröhren entweichen, wird an jeder derselben mit einem Kautschukschlauch ein Liebig'scher Kugelapparat[2] befestigt. Der eine *B* ist in dem Schulze'schen Versuche mit concentrirter Schwefelsäure, der andere *C* mit Kalilauge gefüllt. Um nun fortwährend die Luft innerhalb des Kolbens zu erneuern, wird mehrmals des Tages mit dem Munde an dem offenen Ende des mit der Kalilösung gefüllten Apparates gesogen. Die Luft muss so durch die Schwefelsäure hindurchgehen, bevor sie in den Kolben tritt, die in dem Kolben vorhandene Luft tritt durch die Kalilauge nach aussen in den Mund des Saugenden. In einem solchen Apparate erneuerte Schulze vom 28. Mai bis Anfangs August 1836 ununterbrochen die Luft, ohne dass jemals mit dem Mikroskope etwas lebendiges Thierisches oder Pflanzliches in der Flüssigkeit

---

[1]) Schulze. Vorläufige Mittheilung der Resultate einer experimentellen Beobachtung über Generatio aequivoca. Poggendorff's Annal. Bd. 39, S. 487. 1836.

[2]) Liebig. Ueber einen neuen Apparat zur Analyse organischer Körper und über die Zusammensetzung einiger organischer Substanzen. Poggendorff's Annal. Bd. 21, S. 4. 1831.

im Kolben wahrgenommen werden konnte. Ein Kolben, der mit der nämlichen Lösung gefüllt und ebenso lange erhitzt war, aber offen stand, enthielt schon am folgenden Tage Vibrionen.

c. Der Versuch Schwann's[1]) bildet eine Modification des Franz Schulze'schen, indem die Luft, bevor sie in die Kochflasche, welche die gekochten organischen Substanzen enthielt, trat, durch eine leicht flüssige, auf dem Siedepunkte des Quecksilbers erwärmte Metallmischung geleitet wurde. Die Flüssigkeit blieb frei von Infusorien und Schimmel.

d. Die Versuche von Schröder und v. Dusch[2]). Die Absicht, die diesen Versuchen zu Grunde lag, war die Luft mit allen ihren gasförmigen Bestandtheilen auf gekochte organische Substanzen einwirken zu lassen, ohne sie vorher starken chemischen Eingriffen, wie Filtration durch Schwefelsäure oder Glühhitze, auszusetzen, sie aber möglichst von den in ihr enthaltenen körperlichen Elementen zu trennen. Genannte Forscher glaubten dies dadurch zu erreichen, dass sie die Luft, bevor sie zu der organischen Substanz trat, durch Baumwolle streichen liessen. Sie kochten in dem einen Theil ihrer Versuche die organische Substanz in einer Flasche, in deren Pfropf zwei rechtwinklig gebogene Röhren sich befanden, und brachten an beiden Enden mittelst Kautschukschläuchen jederseits $^1/_2$ m lange Glasröhren, welche Baumwolle enthielten, an. Die eine Röhre wurde hierauf mit einem Aspirator in Verbindung gebracht und Luft durch die Flasche gesogen. Die Luft war somit, bevor sie in den Apparat trat, von ihren körperlichen Elementen befreit. Bei diesen Versuchen zeigte es sich, dass die gekochte organische Substanz frei von Organismen jeglicher Art blieb.

In einer anderen Reihe von Versuchen wurden organische Substanzen in einem Kolben gekocht und während des Kochens mit einer etwa 30 mm hohen Schicht Baumwolle verstopft. Auch hier zeigte es sich, dass die Substanzen lange Zeit frei von Organismen blieben. Nach einiger Zeit aber fanden sich in ihnen Organismen. Der Grund hiervon liegt darin, dass Bestandtheile der Baumwolle in die organische Substanz fallen. Wenn man daher den Versuch von Schröder und Dusch wiederholen will, so thut man besser, den Hals des Kochkolbens auszuziehen, zu biegen und die Baumwolle in den gebogenen Theil einzustecken, Fig. 237. $^1/_5$ nat. Gr. Um den Inhalt der Flasche, ohne den Versuch zu stören, jeder Zeit untersuchen zu können, fanden wir es bequem, seitlich an der Flasche einen Tubulus anzubringen, in dem ein Kautschukpfropf mit einer Glasröhre befestigt war. Die Glasröhre ist mit Kautschukschlauch und Quetschhahn versehen, in der zu weiterem Verschluss noch ein Glasstab ein-

---

[1]) Schwann. Vorläufige Mittheilung, betreffend Versuche über Weingährung und Fäulniss. Poggendorff's Annal. Bd. 41, S. 184. 1837.

[2]) Schröder und v. Dusch. Ueber Filtration der Luft in Beziehung auf Fäulniss und Gährung. Annal. der Chem. Bd. 89, S. 234. 1854.

gesteckt wird, den man, so oft Flüssigkeit aus der Flasche abgelassen wird, jedesmal durch einen vorher frisch geglühten ersetzt.

Fig. 237.



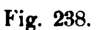
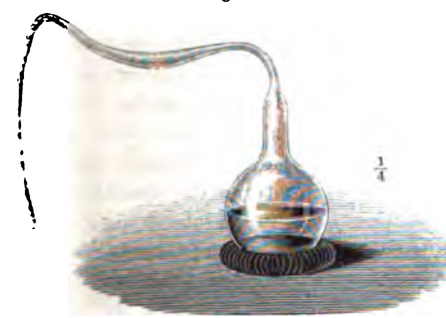


Fig. 238.



e. Die Versuche von **Pasteur**[1]) zeigen, dass gekochte organische Flüssigkeiten, in denen sonst leicht Infusorien etc. auftreten, bei geeigneter Versuchseinrichtung auch bei Zutritt unfiltrirter Luft von Organismen frei bleiben. Es werden langhalsige Kölbchen von 100 bis 200 cbcm Inhalt mit organischen Flüssigkeiten gefüllt, dann der Hals des Kölbchens über der Lampe lange ausgezogen und in verschiedener Weise gekrümmt, Fig. 238, $^1/_4$ nat. Gr. Die Flüssigkeit wird gekocht, bis der Dampf reichlich aus dem offenen Röhrchen ausströmt. Die Kölbchen stellt man nach dem Kochen bei Seite und überlässt sie ohne weitere Vorkehrung der Abkühlung.

Pasteur beobachtete, dass in derartigen Kölbchen, welche Hefemassen mit und ohne Zucker, Harn, Rübensaft, Pfefferwasser enthielten, sich niemals Organismen bildeten. Man kann die Kölbchen ohne irgend welche Besorgniss von einem Orte zum anderen tragen, sie allen Temperaturschwankungen der verschiedenen Jahreszeiten aussetzen und die Flüssigkeiten bleiben stets von Organismen frei. Im physiologischen Institute zu Breslau stehen mehrere derartige Kölbchen seit dem Jahre 1870. Dieselben werden jedes Jahr in den Vorlesungen vorgezeigt. Die Temperaturschwankungen, die die Kölbchen jedes Jahr durchmachen, betragen etwa 22° C. Der Inhalt der Fläschchen ist wie von Anfang an klar.

---

[1]) Pasteur. Mémoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère. Annales de chim. et de phys. III. Sér. T. 64, p. 66. 1862.

B. Von einigen der Molecularphysik entnommenen Versuchen, auf die sich unsere Vorstellungen von der Mechanik des Stoffwechsels der Elementarorganismen gründen.

Man betrachtet es als gewissermaassen selbstverständlich, dass der eigenthümliche Aggregatzustand der lebenden Zelle durch Imbibition bedingt ist und dass die Aufnahme sowie die Abscheidung flüssiger oder gasförmiger Körper durch Diffusion vor sich geht. Von dieser Anschauung ausgehend, hat man eine Reihe von Versuchen angestellt, um die Gesetze der Imbibition und Diffusion gasförmiger oder flüssiger Körper zu ergründen. So interessant nun diese Versuche auch sind und so nothwendig deren Kenntniss ist, weil sie uns über die allgemeinen Gesetze der Molecularkräfte Aufschluss geben, so hat man sich doch sehr zu hüten, die gewonnenen Anschauungen, die zum Theil in Gesetzesform uns entgegentreten, direct auf die lebende Zelle zu übertragen und sich vorzustellen, der Austausch flüssiger oder gasförmiger Körper erfolge allein nach diesen Gesetzen. Eine lebende Zelle hat andere Eigenschaften als eine todte: eine lebende Zelle lässt sich z. B. nicht mit Farbstoffen imprägniren, aber eine todte, woraus unmittelbar folgt, dass die Erscheinungen der Diffusion in der lebenden Zelle anders verlaufen als in einer todten. Wenn daher die hier mitzutheilenden Versuche uns auch nicht direct die Art und Weise lehren, wie die Aufnahme und die Abscheidung flüssiger oder gasförmiger Stoffe durch die lebende Zelle erfolgt, so bilden sie doch die wichtigste Vorschule und die unentbehrliche Basis für das physiologische Verständniss des Zellenlebens und darum handeln wir sie hier ab. Wir berichten im Nachfolgenden von den Apparaten und Versuchsmethoden, die man ersonnen, um die Gesetze der Molecularkräfte zu studiren, welche den Erscheinungen der Imbibition sowie der Diffusion flüssiger und gasförmiger Körper zu Grunde liegen.

I. Von der Imbibition.

Bekanntlich nimmt ein jeder quellungsfähige Körper aus der Flüssigkeit, in die er gebracht wird, im Laufe einiger Zeit eine bestimmte Menge Flüssigkeit auf. Diese bestimmte Menge, über welche hinaus keine weitere Aufnahme von Flüssigkeit stattfindet, nennt man das Quellungsmaximum. Vergleicht man das Gewicht oder das Volumen des Körpers am Ende der Quellung mit dem Gewicht oder Volumen des

Körpers bei Beginn derselben, so erhält man das Quellungsverhältniss. Bei mancherlei physiologischen Untersuchungen kommt es nun darauf an, das Quellungsmaximum sowie das Quellungsverhältniss einzelner Körper in verschiedenen Flüssigkeiten zu ermitteln. Wie man dabei verfährt, geben wir im Nachfolgenden an; vorher aber berichten wir von einigen Versuchsmethoden, die einzelne Vorgänge, welche die Quellung begleiten, auf das Deutlichste zeigen.

1. Versuche über das allgemeine Verhalten der Körper bei der Quellung.

Die Erscheinungen der Quellung im Allgemeinen sieht man sehr schön, wenn man ein Stückchen trockenen Leims in kaltes Wasser legt oder wenn man ausgewaschenes und ausgepresstes Fibrin mit 0·2 proc. Salzsäure übergiesst. Die Contraction, welche bei der Quellung quellungsfähiger Körper in Wasser zu beobachten ist, lernt man durch den Versuch von Quincke kennen, das Verhalten derselben gegen Salzlösungen durch die Versuche von Ludwig und Gunning, von denen wir anbei berichten.

a. Quellungsversuch von Quincke [1]). Dieser Versuch bezweckt zu zeigen, dass die Verbindung, welche ein in Wasser quellender Körper mit diesem eingeht, von einer Contraction begleitet ist, so dass das Gesammtvolumen beider nach der Quellung ein geringeres als vor derselben ist. Derartige Versuche stellt man in Reagensgläsern mit vollkommen dicht eingefügten Capillarröhren an. Fig. 239, $^1/_2$ nat Gr. Die Capillarröhren sind entweder abgeschliffen oder in mit Oel gekochte Korke eingefügt. Die Reagensgläschen werden mit luftfreiem destillirten Wasser gefüllt, die quellbaren Substanzen unter Vermeidung jeglicher Luftblasen eingebracht und dann sofort die Capillarröhrchen aufgesetzt. Damit die Temperatur vor und nach Einbringen des quellungsfähigen Körpers stets die nämliche bleibt, ist es rathsam, die Reagensgläschen mit destillirtem Wasser gefüllt einige Zeit vor Beginn des Versuchs in einem grösseren Wassergefäss stehen zu lassen. Das Sinken des Flüssigkeitsfadens in dem Capillarrohr zeigt die Contraction bei der Quellung an. Ist das Röhrchen calibrirt, so kann für eine bestimmte Menge angewandter Substanz, die man vor und nach der Quellung dann zu wiegen hat, die Volumsabnahme quantitativ bestimmt werden. Unvermeidlich ist dabei ein kleiner Fehler, der dadurch entsteht, dass zwischen

Fig. 239.



[1]) Quincke. Ueber Imbibition. Pflüger's Arch. Bd. 3, S. 333. 1870.

dem Beginn der Quellung und der ersten Ablesung nothwendig einige Momente verstreichen müssen.

Quincke fand auf diese Weise, dass z. B. Eiweiss, welches er 36 Stunden in den Reagensgläschen in Wasser quellen liess, auf 100 g Substanz berechnet eine Volumabnahme der Flüssigkeit von 4·175 bis 5·168 cbcm erfuhr.

b. Quellungsversuch von Ludwig [1]). Wenn man in einer gesättigten kalten Lösung von chemisch reinem Kochsalz eine wohl ausgewaschene und lufttrockene Blase in einem mit eingeriebenem Glasstöpsel versehenen Glase imbibiren lässt, so vermag die Blase der Lösung so viel Wasser zu entziehen, dass bald eine bedeutende Krystallisation von Kochsalz in dem Glase entsteht. Dieser Versuch gelingt nur dann, wenn die Kochsalzlösung vollständig gesättigt ist, die Menge der eingebrachten trockenen Blase nicht zu klein und der Stöpsel der Flasche luftdicht schliesst. Ehe man die Blase einer höheren Temperatur aussetzt, muss man sie erst in warmer Luft oder über Calciumchlorid lufttrocken gemacht haben. Dann muss man die Blase in einem mit einer aufgeschliffenen Platte versehenen Tiegel im leeren Raume erkalten lassen, weil dieselbe vermöge ihrer ganz ausserordentlichen Hygroskopicität dem krystallisirten Calciumchlorid und der englischen Schwefelsäure Wasser entzieht.

c. Quellungsversuch von Gunning [2]). Durch diesen Versuch wird gleichfalls die Wasseraufnahme durch eine trockene Membran gezeigt. Man bringt in ein Reagensgläschen eine verdünnte Salzlösung und Lycopodiumsamen. Nachdem derselbe zur Ruhe gekommen, wird ein aufgerolltes Stück ausgewaschener trockener Blase in den oberen Theil der Flüssigkeit getaucht. Es beginnt dann bald eine Strömung in der Flüssigkeit, die an den Lycopodiumtheilchen sichtbar wird. Die Strömung wird dadurch erzeugt, dass die Blase mehr Wasser als Salz anzieht; die obere Schicht der Lösung wird daher concentrirter und sinkt.

2. Ermittelung des Quellungsmaximums und des Quellungsverhältnisses.

Um das Quellungsmaximum eines quellbaren Körpers zu ermitteln, bestimmt man zunächst bei einem Theil der Substanz das Gewicht, trocknet denselben hierauf längere Zeit bei 100° und berechnet hieraus die Menge der festen Stoffe; den anderen ebenfalls gewogenen Theil bringt man in die Flüssigkeit, mit der man den quellbaren Körper

[1]) Ludwig. Ueber die endosmotischen Aquivalente und die endosmotische Theorie. Zeitschr. für rationell. Medicin Bd. VIII, S. 19. 1849.

[2]) Gunning. Ueber Imbibition thierischer Membrane. Archiv für die holländischen Beiträge Bd. II, S. 245. 1860.

imbibiren lassen will. Dividirt man das Gewicht des gequollenen Körpers durch das Gewicht, das er bei Beginn des Versuches besass, so erhält man das Quellungsverhältniss. Als Beispiel führen wir die Bestimmungen von His [1]) über das Quellungsvermögen der Cornea an. 0·499 g Cornea wurden in Wasser gelegt, und die Gewichtszunahme nach 24, 42, 66 und 90 Stunden bestimmt. Vor dem Wägen wurden jeweilen die Membranen mit einem Tuche abgetrocknet. Die Gewichtszunahme der Cornea zeigen nachfolgende Zahlen.

Zeit der Wägung.	Gewicht.
Nach 24 Stunden	2·224
„ 42 „	2·651
„ 66 „	2·833
„ 90 „	3·062

Daraus berechnet sich das Quellungsverhältniss für die frische und die trockene Cornea bei 0·117 festen Bestandtheilen, beide = 1 gesetzt, wie folgt:

	Frische Cornea.	Trockene Cornea.
Nach 24 Stunden	4·45	19·0
„ 42 „	5·31	22·7
„ 66 „	5·67	24·2
„ 90 „	6·13	26·0

II. Von der Diffusion der Flüssigkeiten.

Wenn zwei mischbare Flüssigkeiten mit einander in Berührung gebracht werden, so vermischen sie sich allmälig so vollständig, dass der ursprünglich nur von einer derselben eingenommene Raum auch von der anderen erfüllt wird. Diese allmälige Mischung nennt man Diffusion. Berühren sich die Flüssigkeiten direct, so nennt man den Vorgang der allmäligen Mischung Hydrodiffusion, befindet sich eine poröse Scheidewand zwischen denselben, so nennt man den Diffusionsvorgang Endosmose. Als eine eigene Art des Diffusionsprocesses muss man den Durchtritt gelöster Substanzen durch Niederschlagsmembranen betrachten.

1. Die Hydrodiffusion.

Die Methoden, die man in Anwendung zieht, um die Diffusion zweier mischbarer Flüssigkeiten ohne eine poröse Scheidewand zu studiren, bestehen theils darin, dass man die Flüssigkeiten vorsichtig in Gefässen

[1]) His. Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie der Cornea S. 24. Anmerkung. 1856.

über einander schichtet, so dass die leichtere Flüssigkeit über die schwerere gelagert wird, theils darin, dass man die eine Flüssigkeit in kleinere Gläser füllt, und diese in grössere Gefässe, welche die andere Flüssigkeit enthalten, einbringt.

a. Diffusion über einander geschichteter Flüssigkeiten. Bei diesem Verfahren füllt man einen graduirten Stehcylinder bis zu einer bestimmten Höhe mit der specifisch leichteren Flüssigkeit an, und bringt mittelst einer Pipette mit langer dünner Röhre die schwerere Flüssigkeit ein, indem man den Inhalt derselben auf den Boden des Cylinders auslaufen lässt. Während des Auslaufens der Flüssigkeit muss die Pipette ganz ruhig an dem Boden des Cylinders gehalten werden. Ist das Einbringen der Flüssigkeit äusserst langsam geschehen, so zieht man die Pipette vorsichtig aus der Flüssigkeit. Statt mittelst der Pipette, kann man die schwerere Flüssigkeit auch dadurch in den Cylinder einbringen, dass man sie aus einem höher stehenden Gefässe durch eine Röhre auf den Boden des Cylinders leitet, wie es z. B. Beez bei seinen Diffusionsversuchen machte. Zur Regulirung des Ausfliessens, das natürlich nicht unter zu grossem hydrostatischen Drucke vor sich gehen darf, kann man an der Röhre einen Hahn anbringen, durch welchen dieselbe vollständig oder theilweise verschlossen werden kann. Hat die einzubringende Lösung ein einigermaassen hohes specifisches Gewicht, so breitet sich dieselbe vermöge ihrer grösseren Schwere ruhig am Boden des Cylinders aus und hebt die darüber stehende Flüssigkeit, ohne die geringste mechanische Mengung zu verursachen, in die Höhe. Ist genug Flüssigkeit in dem Cylinder, so schliesst man den Hahn und zieht die Röhre vorsichtig heraus.

Um das Fortschreiten des Diffusionsprocesses zu beobachten, untersuchten Fick und Beez das specifische Gewicht der Flüssigkeit in verschiedenen gleich weit von einander abstehenden Querschnitten. Fick [1]) senkte zu diesem Zwecke ein Glaskügelchen, das mittelst eines feinen Fadens an einem Wagebalken aufgehängt war, in die Flüssigkeitsschicht, deren specifisches Gewicht geprüft werden sollte, und berechnete aus den Gewichten, welche auf die Wagschale am anderen Arme der Wage aufgelegt werden mussten, um das Kügelchen zu balanciren, das specifische Gewicht der betreffenden Flüssigkeitsschicht. Beez [2]) bediente sich zur Bestimmung des specifischen Gewichts eines Triangels von Glas, welcher aus drei gleichen, etwa 50 mm langen und etwa 5 mm dicken Stücken eines massiven cylindrischen Glasstabes zusammengesetzt und an dem einen Arm der Wage mit Coconfäden dergestalt aufgehängt war, dass er genau in horizontaler Lage sich befand. Aus dem Gewichtsverlust, welchen die

[1]) Fick. Ueber Diffusion. Poggendorff's Annal. Bd. 94, S. 70. 1855.
[2]) Beez. Ueber Diffusion von Salzlösungen in Wasser. Zeitschrift für Mathem. und Physik. Jahrg. IV, S. 226. 1859.

vorher an der Luft gewogene Glaskugel oder der Triangel in den verschiedenen Schichten der Flüssigkeit erfährt, ergiebt sich dann ohne weiteres das specifische Gewicht der Flüssigkeitsschichten.

Diese Methode eignet sich nur da anzuwenden, wo die specifischen Gewichte beider Flüssigkeiten sehr verschieden sind. Ist dies nicht der Fall, so muss man die Flüssigkeit in verschiedenen gleich weit von einander abstehenden Schichten mittelst einer Pipette oder durch eine heberartige Vorrichtung abheben und die einzelnen Schichten gesondert analysiren.

Graham [1]) brachte z. B. in einen Stehcylinder 700 cbcm Wasser und unter dasselbe 100 cbcm einer 10proc. Kochsalzlösung, was, da es äusserst langsam zu geschehen hat, 5 bis 6 Minuten in Anspruch nahm. Nach 14 Tagen unterbrach er den Versuch und zog die Flüssigkeit mittelst eines kleinen Hebers in 16 verschiedenen Portionen ab. Durch Abdampfen jeder Portion für sich wurde ihr Gehalt an Salz ermittelt. Die 10 g Salz, die bei Anfang des Versuchs in die unterste Schicht gegeben wurden, fanden sich wie folgt vertheilt:

1. Schicht . . .	0·103 g	9. Schicht . . .	0·657 g
2. „ . . .	0·133 „	10. „ . . .	0·786 „
3. „ . . .	0·165 „	11. „ . . .	0·887 „
4. „ . . .	0·204 „	12. „ . . .	0·994 „
5. „ . . .	0·273 „	13. „ . . .	1·080 „
6. „ . . .	0·348 „	14. „ . . .	1·176 „
7. „ . . .	0·440 „	15. „ } . . .	2·209 „
8. „ . . .	0·545 „	16. „ }	

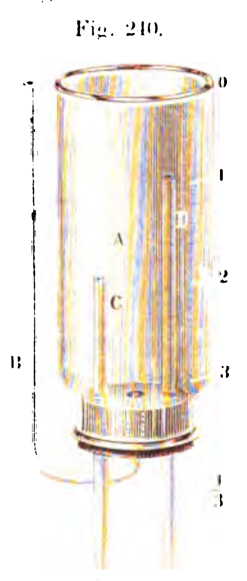
Statt die einzelnen Schichten der Flüssigkeit abzuhebern, kann man dieselben nach Ludwig [2]) auch dadurch gesondert erhalten, dass man den Boden eines Glascylinders durch einen Kork ersetzt, in den eine beliebige Anzahl Glasröhren von bestimmter aber gleichmässig abnehmender Länge eingesteckt sind. Die äusseren Enden der Glasröhren sind ausgezogen und zugeschmolzen. Bei Unterbrechung des Versuchs werden die Spitzen der Röhren der Reihe nach einzeln abgebrochen und die jeweilen darüber stehende Flüssigkeitsschicht so gesondert zum Abfluss gebracht. Fig. 240 (a. f. S.), $^1/_3$ nat Gr., zeigt eine derartige Vorrichtung, die Ludwig zur Bestimmung der Diffusionserscheinungen von Salzgemengen anwandte. Der Glascylinder A war in diesem Falle durch einen dreifach durchbohrten Kork verschlossen. In dem mittleren Loche steckte eine doppelt rechtwinklig gebogene Röhre B, die mit capillarer Oeffnung gerade im Niveau des Bodens des Korkes mündete. In den beiden seitlichen Durchbohrungen steckten genau senkrecht zwei Glasröhren

[1]) Graham. Liquid diffusion applied to analysis. Philosoph. Transact. Vol. 151, P. I, p. 186. 1861. Auch: Anwendung der Diffusion von Flüssigkeiten zur Analyse. Annal. der Chem. Bd. 121, S. 9. 1862.

[2]) Ludwig. Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I, S. 58. 1852.

C und *D*, deren ausserhalb des Cylinders gelegenes Ende ausgezogen und zugeschmolzen war. Die innere Länge von *C* betrug $^1/_3$ der Länge des Cylinders *A*, die innere Länge von *D* betrug $^2/_3$. Der Cylinder wurde von oben mit Wasser gefüllt und die Salzlösung durch eine Pipette mit capillarer Oeffnung in die freie Mündung des Rohres *B* eingelassen. Die Salzlösung sammelte sich am Boden des Gefässes an. Bei Unterbrechung des Versuchs wurde zuerst die Spitze der Röhre *D* abgebrochen und die Flüssigkeit des Raumes 0 bis 1 gewonnen, dann brach man die Spitze der Röhre *C* ab und erhielt die Flüssigkeit des Raumes 1 bis 2. **Ludwig** fand z. B., als er Natriumsulphat und Natriumchlorid durch *B* in den Glascylinder einbrachte, dass wenn der Raum 0 bis 1 schon letzteres Salz in grosser Menge enthielt, sich noch keine Spur von Natriumsulphat in demselben fand.

Fig. 240.



Hat man die Diffusionserscheinungen eines Körpers zu studiren, der optisch wirksam ist, so kann man das Gefäss, in dem die Diffusion vor sich geht, zwischen Polarisateur und Analysator eines Circumpolarisationsapparates einschalten. Man giebt dann dem Gefässe, in dem die Diffusion vor sich geht, zweckmässig die Gestalt eines planparallelen Kästchens und befestigt das optische Instrument an seinem Träger horizontal an einer graduirten Stange, z. B. einem Kathetometer, an welchem jegliche Verschiebung leicht bewerkstelligt und gemessen werden kann. So verfuhr z. B. **Voit** [1]), als er die Diffusionsconstante des Rohr- und Traubenzuckers zu ermitteln suchte. **Hoppe-Seyler** [2]) brachte bei seinen Diffusionsversuchen des Rohr- und Traubenzuckers gegen Wasser die beiden optischen Theile des Circumpolarisationsapparates an einem Rahmen an, der für sich verschiebbar war und an den zu gleicher Zeit auch eine Lampe als Lichtquelle angeschraubt wurde.

b. Diffusion von Flüssigkeiten von Glasgefässen aus nach Graham [3]). Bei diesem Verfahren füllt man kleinere Glasgefässe mit der einen Flüssigkeit und stellt dieselbe in einen grösseren Behälter, der

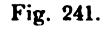
[1]) **Voit**. Ueber die Diffusion von Flüssigkeiten. **Poggendorff's** Annal. Bd. 130, S. 237. 1867.

[2]) **Hoppe-Seyler**. Beiträge zur Kenntniss der Diffusionserscheinungen. Dessen Medicinisch-chemische Untersuchungen. S. 4. 1866 bis 1871.

[3]) **Graham**. Ueber die Diffusion von Flüssigkeiten. Annal. der Chem. Bd. 77, S. 62. 1851.

die andere Flüssigkeit enthält. Die kleineren Gefässe, Solutionsgläser von Graham genannt, haben meist cylindrische Gestalt und fassen etwa 150 bis 180 cbcm Flüssigkeit. Dieselben werden mit der Flüssigkeit, deren Diffusionsverhältniss man studiren will, sorgfältig bis zum Rande gefüllt, und in die grösseren zum Theil bereits mit der anderen Flüssigkeit gefüllten Behälter gestellt. Der äussere Behälter wird hierauf weiter mit Flüssigkeit bis zur Höhe von 20 bis 30 mm über die Oeffnung des Solutionsglases gefüllt. Die Diffusion wird in der Weise unterbrochen, dass das Solutionsglas, mit einer Glasplatte verschlossen, aus dem grösseren Behälter herausgenommen wird und die diffundirte Menge, von Graham Diffusionsproduct genannt, in der äusseren Flüssigkeit nach chemischen Methoden bestimmt wird. Auf diese Weise untersuchte Graham das Verhalten einiger Säuren, wie Salpetersäure, Schwefelsäure, sowie einiger Salze, z. B. Kochsalz, Natriumsulphat, Natriumnitrat, Magnesiumsulphat etc., gegen Wasser. Ebenso verfuhr Botkin [1]), als er die Diffusionsverhältnisse der rothen Blutkörperchen ausserhalb des Organismus studirte; imgleichen schlugen Voit und Bauer [2]) das nämliche Verfahren ein, als sie die Diffusionsgeschwindigkeiten verschiedener Eiweissmodificationen ermitteln wollten.

c. Diffusion von Flüssigkeiten von Glasgefässen aus nach Beilstein [3]). Bei dieser Methode, welche vor der von Graham einige Vorzüge besitzt, wird die Flüssigkeit in eine etwa 70 mm lange Glasröhre *B*, Fig. 241, $^1/_5$ nat. Gr., gebracht, die unten gebogen und nahe an ihrer Umbiegung so abgeschliffen ist, dass das Niveau der Mündung kaum 1 mm über den obersten Punkt der Umbiegung liegt. Am anderen Ende ist die Röhre etwas ausgezogen und durch einen eingeriebenen Stöpsel verschliessbar. Das Gläschen fasst ungefähr $5^1/_2$ g.


Fig. 241.



Das Füllen geschieht in einem kleinen Becherglase, in welches das an beiden Enden offene Diffusionsgläschen eingelegt wird. Hat sich das Gläschen gefüllt, so

[1]) Botkin. Untersuchungen über Diffusion organischer Stoffe. Virchow's Arch. Bd. 20, S. 26. 1861.

[2]) Voit und Bauer. Ueber die Aufsaugung im Dick- und Dünndarm. Ztschr. für Biolog. Bd. V, S. 556. 1869.

[3]) Beilstein. Ueber die Diffusion von Flüssigkeiten. Annal. der Chem. Bd 99, S. 175. 1856.

steckt man den Stöpsel auf, nimmt das Gläschen mit horizontal stehender Mündung heraus, trocknet es rasch mit Fliesspapier ab und setzt es in den Kork des Deckels *A* genau horizontal ein. Alsdann füllt man das äussere Gefäss langsam mit der anderen Flüssigkeit durch einen Heber, bis die Mündung des Diffusionsgläschens einige Millimeter hoch mit der Flüssigkeit bedeckt ist. Das äussere Gefäss fasste bei den Versuchen Beilstein's etwa 7 Liter.

Soll die Diffusion unterbrochen werden, so wird das Gläschen herausgenommen, abgetrocknet, entleert und der Gehalt der Flüssigkeit ermittelt.

Diese Art des Versuchs ist mit einem Fehler behaftet, der durch das Einsetzen und Herausnehmen des Diffusionsgläschens erzeugt wird, indem nämlich kleine Schwankungen hierbei unvermeidlich sind, durch welche am Anfang und am Schluss des Versuchs ein Tropfen der Lösung mechanisch ausgespült wird. Beides erzeugt einen Verlust an dem zu untersuchenden Körper. Wenn das mechanisch ausgespülte Tröpfchen z. B. 0·05 g wiegt, so ist sein Gehalt bei einer 2 proc. Lösung nahe 1 mg. Der Fehler wird natürlich kleiner, wenn man Diffusionsgläschen von grösserem Inhalte anwendet.

Bei allen diesen Diffusionsversuchen hat man sein Augenmerk darauf zu richten, dass die Diffusionsgefässe genau horizontal stehen und die Temperatur während der Versuchszeit möglichst geringe Schwankungen erleidet.

2. Die Diffusion durch poröse Scheidewände.

Die Erscheinung der Diffusion durch poröse Scheidewände, von Dutrochet [1]) Endosmose genannt, beobachtete, wie Bellani [2]) nachwies, zuerst Nollet im Jahre 1748. Wie bekannt ist dieselbe abhängig von der Beschaffenheit der auf beiden Seiten der Scheidewand befindlichen Flüssigkeiten, der Beschaffenheit der porösen Scheidewand, der Temperatur, der Verdunstung, sowie von der gleichzeitigen Einwirkung elektrischer Ströme. Zur Beobachtung der endosmotischen Vorgänge hat man verschiedene Apparate construirt, die man Endosmometer nennt, weil sie meist gleichzeitig gestatten, die Volumänderungen, welche die Flüssigkeiten im Laufe des Experimentes erleiden, messend zu verfolgen. Als poröse Scheidewände benutzte man theils organische Membranen wie

---

[1]) Dutrochet. Nouvelles observations sur l'endosmose et l'exosmose et sur la cause de ce double phénomène. Annal. de chim. et de phys. T. 35 p. 393. 1827. Auch: Neue Beobachtungen über die Endosmose und Exosmose und über die Ursache dieser Doppelerscheinung. Poggendorff's Annal. Bd. 11, S. 138. 1827.

[2]) Bellani. Ueber die Entdeckung der Diffusion tropfbarer Flüssigkeiten. Poggendorff's Annal. Bd. 63, S. 350. 1844.

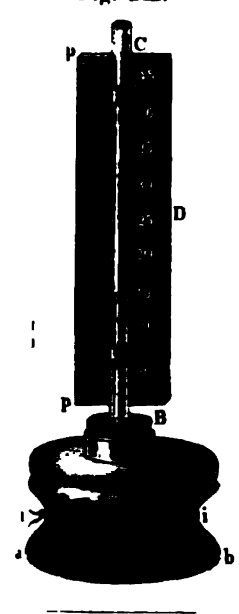
Schweinsblase, Rinderpricadium [1]), Eierhäutchen [2]), theils Collodiumhäutchen [3]), vegetabilisches Pergamentpapier, Thonplatten [4]) etc.

Wir berichten anbei von dem Versuche Nollet's, den Endosmometern von Dutrochet, Matteucci und Cima, von Liebig und Vierordt, den Versuchen von Magnus und Wiedemann und fügen daran die Methode, das endosmotische Aequivalent eines in Wasser löslichen Körpers zu bestimmen.

a. Der Versuch Nollet's. Nollet füllte 1748 ein sogenanntes Zuckerglas [5]) mit Alkohol, band darauf eine feuchte Blase und stellte das Gefäss in einen mit Wasser gefüllten Glashafen. Nach drei Stunden fand er die Blase beträchtlich aufgeschwollen, so dass als ein Nadelstich in dieselbe gemacht wurde, der Alkohol 2 bis 3 m aus dem Gefässe hervorsprang. Goss er dagegen Wasser in das Zuckerglas, überband alsdann die Blase und brachte er Alkohol in den Glashafen, so wölbte sich die Blase mit grosser Gewalt nach innen.



Fig. 242.



b. Das Endosmometer von Dutrochet [6]). Dieses Instrument, Fig 242, nat. Gr., besteht in seiner ursprünglichen Gestalt aus einem unten abgeschliffenen Glascylinder *A*, der mit einer Membran überspannt wird. Zur Befestigung der Membran mittelst einer Schnur ist der Cylinder mit einem Einschnitt versehen. Das Glasgefäss, von Dutrochet Reservoir genannt, ist oben durch einen Kork *B* verschlossen, in dem eine Glasröhre *C* steckt. An der Röhre ist ein mit einer Scala versehenes Brettchen *D* befestigt. Gewöhnlich brachte Dutrochet in das Reservoir die Salzlösung und versenkte hierauf das Instrument in ein Gefäss, das mit Wasser gefüllt war.

---

[1]) Harzer. Beiträge zur Lehre von der Endosmose. Arch. für physiolog. Heilkunde. Jahrg. 1856, S. 195. 1856.

[2]) v. Wittich. Ueber Eiweissdiffusion. Arch. für Anatomie, Physiol. und wissensch. Medicin. Jahrg. 1856. S. 287. 1856.

[3]) Fick. Versuche über Endosmose. Moleschott. Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. Bd. III, S. 297. 1857.

[4]) Eckhard. Ueber Hydrodiffusion durch vegetable parchment, Thonzellen und die Cornea. Dessen Beiträge zur Anatomie und Physiologie Bd. II, S. [illegible]. 1860.

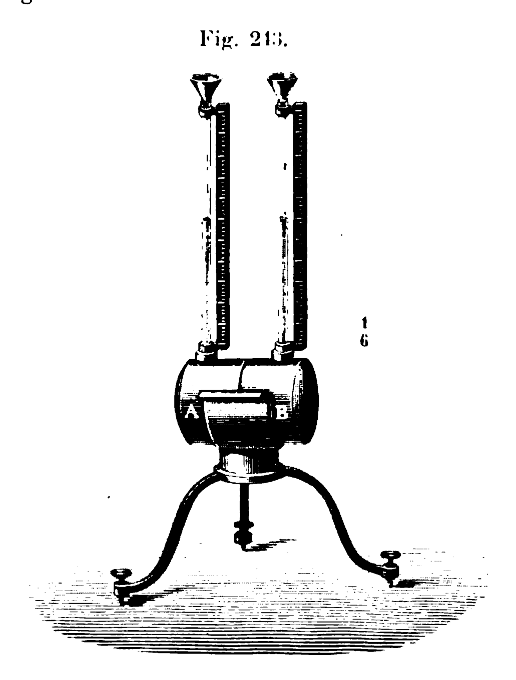
[5]) Nach Sömmering hat ein derartiges Zuckerglas eine Höhe von etwa [illegible] cm und einen Durchmesser von etwa 5 cm. Sömmering. Versuche und Betrachtungen über die Verschiedenheit der Verdunstung des Weingeistes durch Häute von Thieren und von Federharz. Denkschriften der königl. Akad. der Wissensch. zu München für die Jahre 1811 und 1812. S. 290. 1812.

[6]) Dutrochet. Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux p. 27. 1837.

Jerichau [1]) modificirte das Endosmometer Dutrochet's dadurch, dass er als Reservoir einen Trichter von etwa 40 mm Weite anwandte, an den eine enge Glasröhre von etwa 250 mm Länge und etwa 1 mm Weite angeschmolzen war. Der Trichter wurde mit einer Ochsenblase überspannt.

c. Das Endosmometer von Matteucci und Cima [2]). Im Gegensatze zu den beiden beschriebenen Endosmometern construirten Matteucci und Cima ein Endosmometer, bei welchem die Membran senkrecht zwischen die beiden Flüssigkeiten gespannt wurde. Sie erreichten dies, indem sie die Oeffnungen zweier Messingcylinder *A* und *B*, Fig. 243, 1/6 nat. Gr., je mit einer massiven und einer mit vielen kleinen Löchern versehenen Platte verschlossen. An der massiven äusseren Messingplatte war je ein Aufsatz angebracht, in welchen eine Glasröhre mit Trichter und Scala eingeschraubt werden konnte. Beim Gebrauche wird zwischen die beiden mit Löchern versehenen inneren Platten die Membran ausgespannt und dann beide Cylinder mit Schrauben verbunden. Die Cylinder werden horizontal auf einem Dreifuss befestigt. Bei Beginn des Versuchs müssen die Flüssigkeitsniveaus in beiden Glasröhren gleich sein.

Fig. 243.



d. Das Endosmometer von Vierordt [3]) besteht aus zwei Glascylindern *A* und *B*, Fig 244, 1/4 nat. Gr., von 36 mm Durchmesser und 82 mm Länge, die an ihren Enden je mit einer messingenen Platte *c* und einem Messingring *b* versehen sind. Zwischen die Messingringe *b*

---

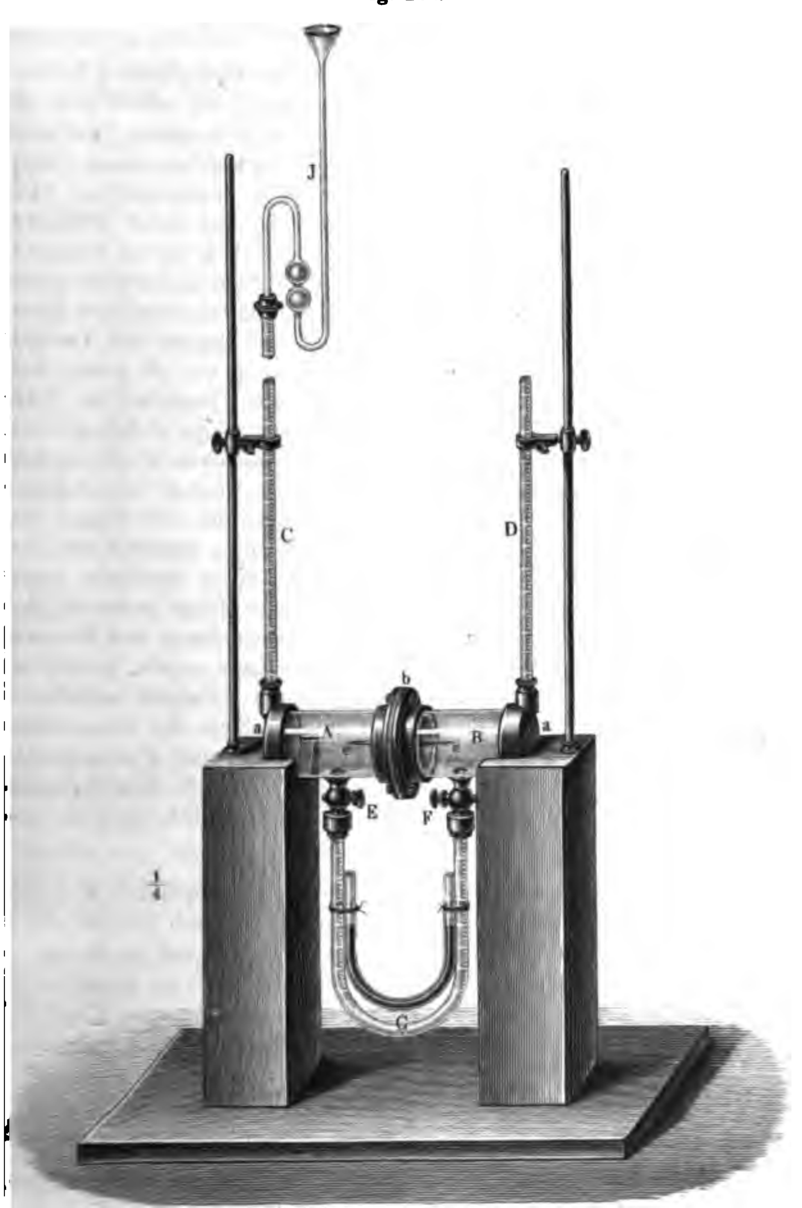
[1]) Jerichau. Ueber das Zusammenströmen flüssiger Körper, welche durch poröse Lamellen getrennt sind. Poggendorff's Annal. Bd. 34, S. 617. 1835.

[2]) Matteucci et Cima. Mémoire sur l'endosmose. Annal. de chim. et de physique sér. III, T. XIII, p. 65. 1845.

[3]) Vierordt. Physik des organischen Stoffwechsels. Arch. für physiol. Heilkunde Jahrg. VI, S. 655. 1847.

die mittelst dreier Schrauben fest an einander gepresst werden, wird die

Fig. 244.



organische Membran ausgespannt. Die Platten *a* sind mit seitlichen Ansätzen versehen, auf welche zwei Glasröhren *C* und *D* von 1 bis 1½ m Länge und 6 mm innerem Durchmesser luftdicht aufgeschraubt werden können. Auf den Glasröhren ist eine Scala eingravirt.

Die Membran, welche sich zwischen beiden Glascylindern befindet und die beiden Flüssigkeiten von einander trennt, ist, selbst wenn sie vorher straff angezogen wird, immer noch beweglich genug, um wenn auf der einen Seite derselben eine Volum- oder Gewichtszunahme erfolgt, nachzugeben und alsdann nach der anderen Seite auszuweichen. Diese Ausweichung kann im Centrum der Membran 15 und mehr Millimeter betragen. Um die Fehlerquelle, die daraus resultirt, leicht zu erkennen, werden zwei sehr feine, durch ihr Gewicht keine Störung hervorbringenden Schieber *cc* von Glas in der Mitte der Membran mit Siegellack genau in horizontaler Richtung befestigt. Hat man bei Beginn des Versuchs die Stellung der Schieber an den Glascylindern *A* und *B* genau markirt, so tritt, wenn während des Versuchs die eine Flüssigkeit an Volumen zunimmt und die Membran nach der einen Seite gedrängt wird, eine Verschiebung der Röhrchen *cc* ein. Um die Membran wieder zurückzudrängen, wird auf das obere Ende der Röhre, in welcher sich diejenige Flüssigkeit befindet, welche eine Volumabnahme erleidet, eine Manometerröhre *I*, die einige bauchige Erweiterungen besitzt, luftdicht befestigt. In diese Röhre wird Wasser oder, wenn man einen stärkeren Druck nöthig hat, Zinksulphat oder Quecksilber in solcher Menge gegossen, dass dadurch die während des Versuches erfolgte Ausweichung der Membran aufgehoben wird, und letztere wieder genau die Lage erhält, welche sie bei Beginn des Versuchs hatte. Um den dadurch bedingten verschiedenen Druck auszugleichen, sind an der unteren Seite der Glascylinder zwei messingene mit Hähnen versehene Röhren *E* und *F* angebracht welche sich nach unten trichterförmig erweitern; in diese Erweiterungen passen durchbohrte Conuse von Messing, die auf die Schenkel der graduirten Uförmigen Röhre *G* aufgekittet sind.

Bei Beginn des Versuches werden die beiden Glascylinder *A* und *B* nachdem die Membran zwischen dieselbe gebracht ist, nach Verschliessung der beiden Hähne *E* und *F* mit Flüssigkeit gefüllt und in die an die Cylinder angeschraubten Röhren *C* und *D* Flüssigkeit bis zu einer bestimmten Höhe gegossen. Dann wird der untere gebogene Theil und die untere Hälfte der beiden Schenkel der Uförmigen Verbindungsröhre *G* mit Quecksilber und die obere Hälfte jedes Schenkels mittelst eines sehr feinen Röhrchens mit derjenigen Flüssigkeit gefüllt, welche sich in dem Glascylinder, an welchen dieser Schenkel angeschraubt wird, befindet.

Steht das Quecksilber in den Schenkeln der Röhre *G* nach Oeffnung der Hähne *E* und *F* gleich hoch, so befinden sich die Flüssigkeiten zu beiden Seiten der Membran unter gleichem Drucke.

Das Manometer kann auch dazu benutzt werden, um die eine Flüssigkeit einem viel stärkeren Druck auszusetzen, als die andere und zugleich diese Druckdifferenz zu messen; oder wenn man an die andere Röhre ebenfalls ein Manometer anbringt und in beide Manometer Quecksilber giesst, so kann man beide Flüssigkeiten unter einen verstärkten aber gleichen Druck stellen.

e. **Das Endosmometer von Liebig** [1]), Fig. 245, $^1/_4$ nat. Gr., besteht aus zwei gleichweiten Röhren *a* und *b*, von denen *a* an ihrem unteren Ende mit Blase verschlossen ist. *a* wird mit der Flüssigkeit, deren Steighöhe bestimmt werden soll, bis zu einer beliebigen Höhe angefüllt, und ist in die Röhre *c*, welche die andere Flüssigkeit, z. B. Wasser, enthält, mittelst eines gut schliessenden Korkes mit Ausschluss aller Luftbläschen eingesetzt. Bei *d* liegt ein kleines Bleischrotkorn, welches die Oeffnung der Capillarröhre ventilartig schliesst. In die Röhre *b* giesst man Flüssigkeit nach und zwar, um das Gewicht des Schrotkornes im Gleichgewicht zu halten, etwas mehr als zur Herstellung des Niveaus in beiden Röhren *a* und *b* nöthig ist.

Fig. 245.



Nimmt die Flüssigkeit in *a* an Volumen zu, so kann die Steighöhe durch eine beliebige Eintheilung der Röhre in gleiche Volumtheile abgelesen werden, in *b* nimmt natürlich das Niveau der anderen Flüssigkeit in gleichem Verhältnisse ab. Wenn man die Flüssigkeit in *b* durch Nachgiessen auf dem ursprünglichen Standpunkte erhält, und das aus einem Tropfglase Nachgegossene durch den Gewichtsverlust des Tropfglases bestimmt, so kennt man neben dem Volumen auch das Gewicht der Flüssigkeit, welche aus der Röhre *c* in die Röhre *a* übergetreten ist. Liebig hat diesen Apparat benutzt, um das Verhalten des Salzwassers zu reinem Wasser zu prüfen. Es stellte sich dabei heraus, dass wenn die Röhre *a* gesättigte Kochsalzlösung enthielt, ihr Volumen nahe um $^1/_2$ zunahm, d. h. 200 Vol. Salzwasser wurden zu 300 Vol. Flüssigkeit.

f. **Einfluss der Verdunstung auf die Endosmose.** Magnus [2]) beobachtete, dass wenn man eine Trichterröhre, die mit Wasser gefüllt und mit einer thierischen Membran überspannt ist, in Quecksilber stellt, sobald in dem Maasse, als die Flüssigkeit durch die Membran abdunstet, das Quecksilber in der Röhre zu steigen beginnt. Da es für das Gelingen dieses Versuches wesentlich ist, dass die Membran stets in Be-

[1]) Liebig. Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus, S. 21. 1848.

[2]) Magnus. Ueber einige Erscheinungen der Capillarität. Poggendorff's Annal. Bd. 10, S. 157. 1827.

rührung mit der Flüssigkeit bleibt, so änderte Liebig [1]) denselben in der Weise ab, dass er über eine Röhre *a*, Fig. 246, $^1/_{10}$ nat. Gr., an welche eine etwa 60 cm lange gebogene Glasröhre *b* angeschmolzen war, eine thierische Blase band und die ganze mit Wasser gefüllte Röhre in Quecksilber stellte. Liebig beobachtete dabei, dass wenn der Durchmesser der weiten mit einer Ochsenblase überbundenen Oeffnung der

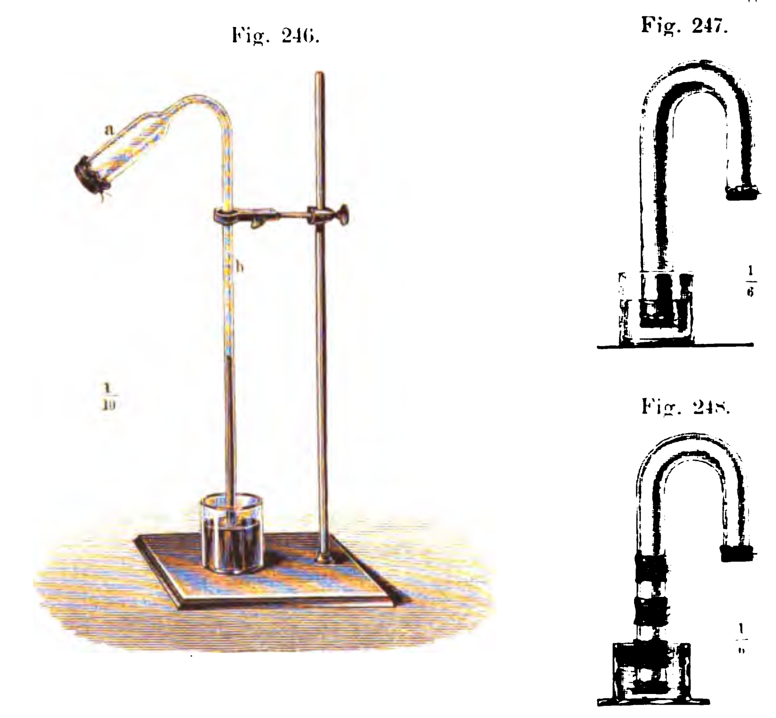


Fig. 246. Fig. 247. Fig. 248.

Glasröhre *a* 12 mm und der der engeren Röhre *b* 1 mm betrug, das Quecksilber in einer Stunde je nach der Temperatur und dem Wassergeha[lt] der Luft um 22 bis 65 mm stieg.

Von diesem Versuch ausgehend, zeigte Liebig weiter, dass wen[n] man die Oeffnungen einer gebogenen und vollständig mit Wasser gefül[l]ten Röhre, Fig. 247, $^1/_6$ nat. Gr., mit thierischer Blase überspannt un[d] den einen Schenkel der Röhre in mit Indigotinctur blau gefärbtes Wass[er] stellt, während der andere Schenkel der Luftverdunstung preisgegebe[n] wird, schon nach wenigen Stunden innerhalb der Röhre sich eine bla[ue] Schicht bildet, die sich beständig vermehrt, bis zuletzt das Gefä[ss] mit Wasser völlig entleert ist. Wenn der eine Schenkel anstatt

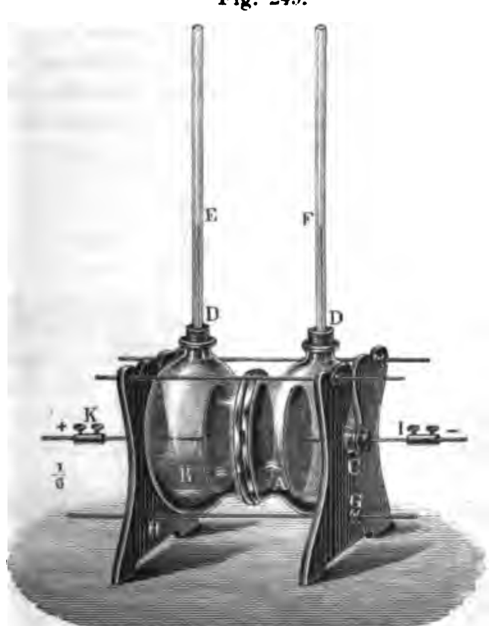
[1]) Liebig, Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung i[m] thierischen Organismus, S. 62. 1848.

Wasser in Galle eingetaucht gehalten wird, so füllt sich die Röhre mit Galle an, und wenn zu dem Verschliessen des einen Schenkels eine etwas dünnere Membran gewählt wird, als zum Verschliessen der anderen, von dem aus die Verdunstung vor sich geht, und man stellt den Schenkel mit der dünnen Blase z. B. in Oel, so füllt sich die Röhre allmälig mit Oel an. In allen Fällen tritt keine Spur von Luft in das Innere der Röhre.

Verbindet man die Verdunstungsröhre mittelst Kautschukschläuchen mit Röhrenstücken, welche mit Wasser gefüllt und an beiden Enden mit Blasen verschlossen sind, Fig. 248, $^1/_6$ nat. Gr., und lässt man das letzte Röhrenstück in Salzwasser, Harn, Oel etc. tauchen, so füllen sich allmälig alle diese Röhrenstücke, zuletzt die Verdunstungsröhre selbst mit Salzwasser, Harn, Oel etc. an.

g. Einfluss des elektrischen Stromes auf die Endosmose. Den Einfluss des elektrischen Stromes auf den endosmotischen Process zeigte Wiedemann [1]). Der Apparat, den er hierbei anwandte, bestand aus zwei flaschenförmigen Glasgefässen *A* und *B*, Fig. 249, $^1/_6$ nat. Gr.

Fig. 249.



die mit doppelten Tubulis *C* und *D* versehen sind. Beide Gefässe sind mit ihren Rändern auf einander geschliffen und werden vermittelst der

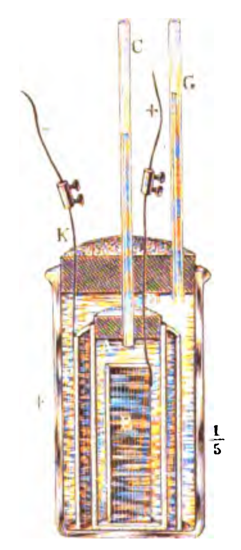
[1]) Wiedemann. Ueber die Bewegung von Flüssigkeiten im Kreise der geschlossenen galvanischen Säule. Poggendorff's Annal. Bd. 87, S. 324. 1852.

Bretter *G* und *H* und dreier Schrauben fest aneinander gehalten. Der Rand des einen Gefässes ist innerhalb ein wenig ausgeschliffen, so dass sich in die dadurch entstehende Vertiefung zwischen den beiden Glasgefässen Platten von verschiedenem Material einkitten lassen. In die Tubuli werden vermittelst zweier Korke die zwei senkrechten Glasröhren *E* und *F* eingesetzt, die Tubuli bei *C* werden gleichfalls durch Korke geschlossen und Drähte durchgeschoben. Die Drähte stehen mit kreisförmigen Metallplatten in Verbindung. Beim Gebrauche wird eine Platte von porösem Thon zwischen die beiden Glasgefässe *A* und *B* eingekittet, die Gefässe *A* und *B* vollständig und die Röhren *E* und *F* theilweise mit Wasser gefüllt. Wird nun der Draht *K* mit dem positiven, und der Draht *I* mit dem negativen Pol einer galvanischen Säule verbunden, so steigt das Wasser im Rohr *F* und sinkt im Rohr *E*. Zugleich entwickelt sich im Gefässe *B* Sauerstoffgas, in *A* Wasserstoffgas, welche aus den beiden Röhren *E* und *F* entweichen. Die Menge der entwickelten Gase ist jedoch gering. Wendet man an Stelle der Platinplatten Kupferplatten und statt des Wassers Kupfervitriollösung an, so findet keine Gasentwicklung statt.

Statt dieses ziemlich complicirten Apparates wenden wir zur Demonstration der elektrischen Endosmose seit Jahren einen einfachen Apparat an, den man sich jeder Zeit selbst herstellen kann. Derselbe, Fig. 250, 1/5 nat. Gr., besteht aus einem Thoncylinder *A*, wie solcher bei



Fig. 250. Fig. 251.





galvanischen Ketten gebräuchlich, der mit einem Kork verschlossen ist. Der Kork ist in der Mitte und an der Seite durchbohrt. In der mittleren Durchbohrung steckt eine Glasröhre *C*, in der seitlichen ein dicker Kupferdraht *D*, an den das Kupferblech *E* angelöthet ist. Der Thoncylinder wird in das Glasgefäss *F*

gestellt. *F* wird durch einen Kork verschlossen, der vierfach durchbohrt ist. In der mittleren Durchbohrung ragt die Glasröhre *C* hervor, in den seitlichen die Glasröhre *G*, der Kupferdraht *D* und der Kupferdraht *K*, der gleichfalls an einen Blechcylinder von Kupferblech angelöthet ist. Beim Gebrauche füllt man *A* und *F* vollständig mit Wasser an und verbindet *D* und *K* mit den Polen einer galvanischen Batterie. Steht der Draht *D* mit dem positiven Pol in Verbindung, so steigt das Wasser in *G* und sinkt in *C*. Schaltet man zwischen die Drähte *K* und *D* eine Pohl'sche Wippe ein, so hat man es in der Hand, die Flüssigkeit in *C* und *G* beliebig steigen oder sinken zu lassen. Zur weiteren Veranschaulichung kann man das Wasser färben oder Kupfervitriol anwenden, wobei eine Gasentwickelung vermieden wird.

Wiedemann hat, um die Gesetze der endosmotischen Erscheinung durch den galvanischen Strom genauer zu studiren, einen Apparat angewandt, dessen Abbildung wir anbei geben. Dieser Apparat, Fig. 251, 1/6 nat. Gr., besteht aus einem Thoncylinder *a*, auf den eine kleine tubulirte Glocke aufgekittet ist. In diese Glocke ist ein Glasrohr *d* mit der seitlichen Ansatzröhre *e* mittelst Kork eingesetzt. Im Thoncylinder steht ein Cylinder *c* von Platinblech. Von diesem geht ein Draht *f* zu dem einen Pol einer galvanischen Säule. Der Draht ist in ein in den oberen Theil des Glöckchens luftdicht eingefügtes Glasrohr eingekittet. Ausserhalb ist der Thoncylinder von einem zweiten Blechcylinder *i* umgeben, der durch den Draht *k* mit dem anderen Pol der Säule verbunden werden kann. Der ganze Apparat steht in einem weiten Glascylinder *h*, welcher zugleich mit dem Thoncylinder des Apparates mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit gefüllt ist und durch eine aufgelegte Glasplatte vor hineinfallendem Staub geschützt wird. Vor das Rohr *e* wird eine kleine gewogene Flasche *l* gesetzt, um die aus *e* ausfliessenden Flüssigkeitsmengen sammeln zu können.

Wird nun der ganze Apparat z. B. mit destillirtem Wasser gefüllt, so dass innerhalb des Thoncylinders das Wasser bis zum Niveau der Röhre *e* steht, und ist auch diese nachgerade gefüllt, so fliesst in Folge der Capillarattraction an der Mündung von *e* kein Wasser aus derselben aus. Steht ausserdem im äusseren Cylinder *h* das Wasser bis an den Rand, so ist die Druckdifferenz innerhalb und ausserhalb der Röhre *d* so gering, dass während mehrerer Stunden kein merkliches Durchdringen des Wassers durch den Thoncylinder statt hat. Verbindet man den Draht *k* mit dem positiven, den Draht *f* mit dem negativen Pol einer galvanischen Säule, so steigt alsbald das Wasser im Rohr *d* über die Einmündungsstelle von *e* hinaus. Der hierdurch entstandene hydrostatische Druck überwindet die Capillarität der Oeffnung von *e* und es fliesst Wasser in die vorgelegte Flasche *l* über.

Die in den Apparat eingesetzten Thoncylinder müssen vor dem Versuche längere Zeit mit verdünnter Salzsäure gekocht und sodann bis zur Entfernung aller löslichen Stoffe mit destillirtem Wasser gewaschen werden.

Bezeichnet man mit i die Intensität des Stromes, die an einer Tangentenboussole gemessen wurde, mit m die in der Zeit von 15 Minuten ausgeflossenen Flüssigkeitsmengen, so ergab sich z. B. in einem Versuche für Wasser:

i	m	$\frac{m}{i}$
144	17·77 g	1·23
108	13·26 „	1·23
83	10·59 „	1·27
60	7·46 „	1·24
48	5·89 „	1·23
36	4·47 „	1·24

g. Die Bestimmung des endosmotischen Aequivalents, unter dem man bekanntlich dasjenige Gewicht Wasser versteht, durch welches die Gewichtseinheit eines gelösten Körpers bei der Diffusion ersetzt wird, nimmt man nach Jolly [1]) in Glasröhren vor, deren eine Oeffnung mit einem Stück Schweinsblase überbunden ist. Die Glasröhre mit der überspannten feuchten Blase wird gewogen und in dieselbe eine ebenfalls gewogene Menge der Substanz, deren endosmotisches Aequivalent man bestimmen will, trocken oder gelöst gebracht. Das untere Ende der Röhre wird hierauf in ein grösseres Gefäss mit Wasser getaucht, das alle 24 Stunden erneuert wird. Nach einiger Zeit nimmt man die Röhre aus dem Wasser und wiegt sie. Zeigt die Röhre keine Gewichtszunahme mehr, so enthält dieselbe nur mehr reines Wasser und der Versuch ist beendet. Aus der Vergleichung des Anfangsgewichtes der Röhre mit ihrem Endgewichte ergiebt sich das Gewicht des Wassers, welches gegen die Substanz in die Röhre eingetreten ist.

Zu weiterer Erläuterung führen wir als Beispiel die Bestimmung des endosmotischen Aequivalentes des Kochsalzes an.

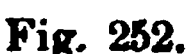
Gewicht der mit feuchter Blase überspannten Röhre . . .	37·81 g
Gewicht des trocknen Kochsalzes	2·00 „
Gewicht des zur Lösung angewandten Wassers	6·20 „
Totalgewicht	46·01 g
Gewicht nach 6 Tagen, nachdem alles Kochsalz aus der Röhre ausgetreten war	53·17 g
Gewichtszunahme der Röhre	7·16 „

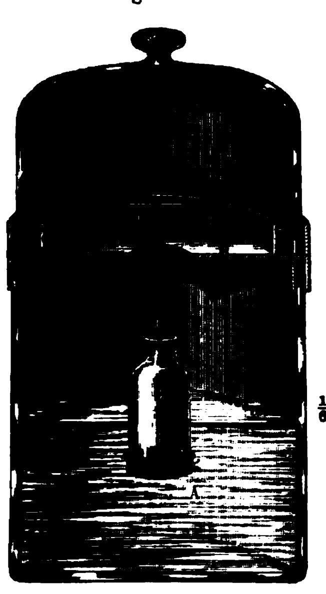
Da die 2 g Kochsalz, welche in der Röhre bei Beginn des Versuches waren, ebenfalls durch Wasser ersetzt worden sind, so ist das Gewicht des durch Diffusion eingetretenen Wassers 53·17 — 44·01 = 9·16. Es sind also 2 g Kochsalz, die in 6·2 g Wasser gelöst waren, ersetzt worden

[1]) Jolly. Experimentaluntersuchungen über Endosmose. Zeitschr. für rat. Med. Bd. VII, S. 96. 1849.

durch 9·16 g Wasser oder 1 g Kochsalz durch 4·58 g Wasser. Nach diesem Versuche ist 4·58 das endosmotische Aequivalent des Kochsalzes.

Die Bestimmung des endosmotischen Aequivalentes kann auch mittelst nachfolgenden Apparates geschehen, der von Cloëtta [1]) angegeben wurde. Auf ein Gefäss *A*, Fig. 252, $^1/_6$ nat. Gr., ist ein Aufsatz von Blech gekittet, der an seinem Rande mit einer Rinne und in der Mitte mit einem kreisförmigen Ausschnitt versehen ist. Ueber diesem Ausschnitt ruht auf zwei Zapfen eine Rolle *C*, an welcher das Glas *B*, das ungefähr 300 cbcm Flüssigkeit fasst und dessen Boden mit einer Membran versehen ist, mittelst eines Fadens in das darunter befindliche Wasser hinabgelassen werden kann. Bei Beginn des Versuches füllt man das Gefäss *A* etwa zur Hälfte mit Wasser und senkt in dasselbe das Glas *B*, in dem die aufgelöste Substanz sich befindet, deren endosmotisches Aequivalent man bestimmen will, so tief ein, dass beide Flüssigkeiten gleiches Niveau haben. Das Glas *B* sammt feuchter Membran und Inhalt hat man natürlich vor dem Einsenken in das Wasser zu wiegen. Hierauf füllt man die Rinne auf dem Aufsatz mit Wasser und setzt in dieselbe die Glasglocke *E* ein; auf diese Weise wird jede Verdunstung der Flüssigkeiten ausgeschlossen. Während des Versuches hat man zu sorgen, dass kleine Niveaudifferenzen im Stand der inneren und äusseren Flüssigkeit durch Herausheben oder Einsenken des Glases *A* alsbald ausgeglichen werden. Wenn man den Versuch unterbricht, so hebt man die Flasche *B* aus dem Gefässe *A* heraus und verfährt dann weiter, wie oben angegeben.


Fig. 252.



Das Aufbinden der Blase auf die Diffusionsgefässe verlangt einige Sorgfalt. Am besten thut man, wenn man die in kaltem Wasser aufgeweichte Blase zunächst mit einer Schnur fest auf das eine Ende der Glasröhre aufbindet und die Blase ausgespannt vollkommen trocknen lässt. Dann nimmt man die Schnur ab und ersetzt sie durch einen stark gezwirnten leinenen Bindfaden, den man in 10- bis 15 Touren um die Blase führt. Kommt der Apparat in Wasser, so quillt der stark gezwirnte

[1]) Cloëtta. Diffusionsversuche durch Membranen mit zwei Salzen, S. 6. 1851.

Faden auf und schliesst die Blase nur um so fester an die Röhre an. Damit die Blase nicht so leicht fault, füllt man die Röhre mit Weingeist und lässt sie einige Tage in Wasser stehen. Um die Blase auf ihre Dichtigkeit zu prüfen, senkt man das mit Blase verschlossene Ende ungefähr 5 cm 24 Stunden in Wasser ein. Sind nach dieser Zeit auf der inneren Seite der Membran kleine Wassertröpfchen bemerkbar, so ist die Blase zu diesen Versuchen unbrauchbar.

Schliesslich machen wir darauf aufmerksam, dass nach den Versuchen von Schmidt [1]) und Ekhard [2]) die endosmotischen Aequivalente sich nicht merklich mit der Temperatur ändern, dass dieselben aber abhängig von der Membran sind. Trockene Membranen geben stets ein höheres Aequivalent als frische oder aufgeweichte.

3. Die Diffusion durch Niederschlagsmembranen.

Wenn man gewisse gelöste Substanzen, welche mit einander einen Niederschlag bilden, vorsichtig in der Weise zusammenbringt, dass die eine Substanz in Form eines Tropfens in die andere gegeben wird, so tritt der Niederschlag in Form einer Membran auf. Mit einer derartigen Membran, die Traube Fällungsmembran nennt und die eine vollständige homogene Beschaffenheit besitzt, lassen sich Diffusionsversuche anstellen. Da aber diese überaus feinen Niederschlagsmembranen sich nicht wie ein Stück Blase an das Ende eines Glasrohres festbinden lassen, so muss man bei derartigen Diffusionsversuchen ein anderes Verfahren anwenden. Zu dem Ende schiebt man über eine Glasröhre A, Fig. 253, $^1/_2$ nat. Gr., die zu einer capillaren Spitze ausgezogen ist, ein Stück dickwandigen an einem Ende durch eine

Fig. 253.



---

[1]) Schmidt. Versuche über Endosmose des Glaubersalzes. Poggendorff's Annal. Bd. 102, S. 152. 1857.

[2]) Ekhard. Beiträge zur Lehre von der Filtration und Hydrodiffusion. Dessen Beiträge zur Anatomie und Physiologie Bd. I, S. 125. 1858.

Klemme geschlossenen Kautschukschlauches und lässt in diese durch Verschieben des Kautschukschlauches einige Tropfen der einen Flüssigkeit eintreten. Hierauf steckt man die Röhre durch einen durchbohrten Kork, der das Gefäss *B*, welches die andere Flüssigkeit enthält, verschliesst, und schiebt vorsichtig den Kautschukschlauch weiter über die Glasröhre, bis die Flüssigkeit genau an der Mündung des Röhrchens steht; das Röhrchen selbst schiebt man soweit herab, dass beide Flüssigkeiten sich berühren und innerhalb wie ausserhalb der Röhre in gleichem Niveau stehen. An der Berührungsstelle bildet sich meist eine Blase. Um z. B. eine Niederschlagsmembran von gerbsaurem Leim herzustellen, kocht man Leim 30 bis 36 Stunden. Der Leim verliert dadurch seine Eigenschaft zu gelatiniren und wird leicht löslich in Wasser. Bringt man solche Leimlösung in das Röhrchen *A* und Gerbsäurelösung in das Glas *B*, so bildet sich an der Berührungsstelle beider Flüssigkeiten rasch eine Membran von gerbsaurem Leim. Will man eine derartige Membran zu Diffusionsversuchen benutzen, so setzt man die betreffende Substanz zu einer 10- bis 15proc. Leimlösung, die längere Zeit wie oben angegeben gekocht war, und bringt die Mischung in das Röhrchen *A*; in das Gläschen *B* aber bringt man 3- bis 4proc. Gerbsäurelösung. Berühren sich nun beide Lösungen, so bildet sich rasch eine Membran von gerbsaurem Leim. Hat man z. B. der Leimlösung etwas Salmiak zugemischt und untersucht man die Gerbsäurelösung in *B* nach einiger Zeit, so lässt sich mit Silbernitrat reichlich Chlor nachweisen. Traube fand, dass auf diese Weise neben Salmiak, Ammoniumsulphat, Schwefelsäure, Baryumnitrat diffundirten, nicht aber Ferrocyankalium.

Will man Diffusionsversuche mit einer Membran von Ferrocyankupfer anstellen, so verfährt man am besten in folgender Weise. Man füllt in die Röhre *A* z. B. 2·4proc. Lösung von Ferrocyankalium und setzt dazu die Substanz, deren Verhalten man prüfen will, z. B. Chlorkalium. In das Fläschchen *B* bringt man z. B. eine 2·8proc. Lösung von Kupferacetat. Es bildet sich eine Membran. Nach kurzer Zeit, etwa 20 Minuten, ist Chlor in der äusseren Flüssigkeit nachzuweisen. Auf diese Weise ermittelte Traube[1]), dass die Membran von Ferrocyankupfer durchgängig ist für Kaliumchlorid, Natriumchlorid, Ammoniumchlorid, dagegen undurchgängig für Baryumchlorid, Calciumchlorid, Kaliumsulphat, Baryumnitrat, Ammoniumsulphat.

Wie man sieht, verhalten sich die Niederschlagsmembranen durchaus verschieden von den organisirten Membranen. Die verschiedenen Niederschlagsmembranen zeigen ein specifisch verschiedenes Verhalten. Eine Membran von gerbsaurem Leim lässt Ammoniumsulphat und Baryumnitrat schwer durch, für welche eine Membran von Ferrocyankupfer völlig undurchdringlich ist.

---

[1]) Traube. Experimente zur Theorie der Zellenbildung und Endosmose. Arch. für Anat., Physiol. und wissensch. Medicin. Jahrg. 1867, S. 133. 1867.

III. Von der Absorption und Diffusion der Gase.

Die Gesetze der Molecularwirkungen zwischen festen und gasförmigen Körpern und diesen und Flüssigkeiten haben für den Physiologen hohes Interesse, wenn auch die Aufnahme und die Abscheidung der gasförmigen Körper in der lebenden Zelle nur zum Theil nach diesen vor sich geht. So erfolgt z. B. die Aufnahme des Stickstoffs der atmosphärischen Luft ganz nach den Gesetzen der Absorption, die Aufnahme des Sauerstoffs dagegen unabhängig von diesen. Die hier mitzutheilenden Versuche zerfallen in solche über die Absorption und solche über die Diffusion der Gase.

1. Die Absorption der Gase durch feste und flüssige Körper.

Ueber die Absorption der Gase durch feste Körper hat v. Saussure umfassende Untersuchungen angestellt, über die Absorption der Gase durch Flüssigkeiten arbeiteten vorzüglich Henry und Bunsen. Die Gesetze der Absorption der Gase durch feste Körper interessiren uns hier weniger, weit mehr die Gesetze der Absorption der Gase durch Flüssigkeiten. Henry ermittelte, dass bei unveränderter Temperatur eine bestimmte Wassermenge immer gleiche Gasvolumina absorbirt, welches auch der auf ihnen lastende Druck sei, Bunsen stellte fest, dass die Gase von Flüssigkeiten, auf welche sie keine chemische Wirkung ausüben, in Mengenverhältnissen absorbirt werden, die von der substanziellen Natur der Gase und der absorbirenden Flüssigkeiten, von der Temperatur und dem Drucke abhängig sind.

Wir berichten im Nachfolgenden von einigen Versuchen, welche die Absorption von Gasen durch feste und flüssige Körper zeigen und fügen hieran die Beschreibung der Absorptiometer von Henry und Bunsen, nebst der Methode von Bunsen den Absorptionscoefficienten von Gasen in Flüssigkeiten zu bestimmen.

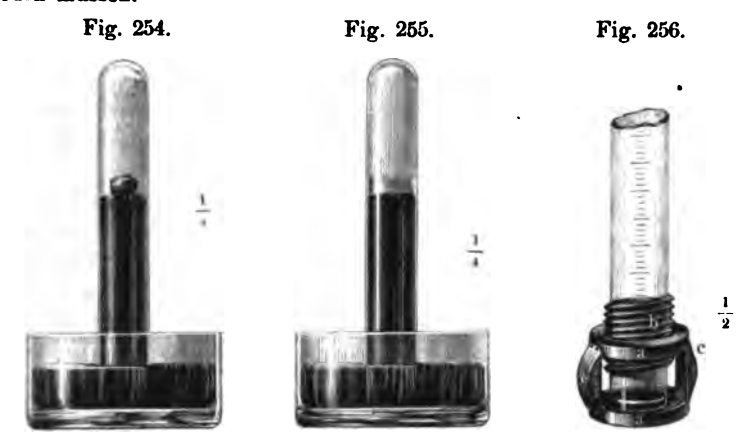
a. **Die Absorption der Gase durch feste Körper** zeigt folgender Versuch, den zuerst v. Saussure [1]) anstellte. Ein Cylinder, Fig. 254 1/4 nat. Gr., wird über Quecksilber mit Kohlensäure angefüllt und in denselben mittelst einer Zange ein Stückchen einer Kohle gebracht, die vorher geglüht und unter Quecksilber eben gelöscht war. In kürzester Zeit sieht man alsdann das Quecksilber in dem Cylinder in die Höhe steigen. Am besten eignet sich zu einem derartigen Versuch Buchs

---

[1]) v. Saussure. Beobachtungen über die Absorption der Gasarten durch verschiedene Körper. Gilbert's Annal. Bd. 47, S. 117. 1814.

baum- oder Ebenholzkohle, die vor dem Versuche stets frisch geglüht werden müssen.

Fig. 254. Fig. 255. Fig. 256.



b. **Die Absorption der Gase durch Flüssigkeiten.** Ein Glascylinder, Fig. 255, $^1/_4$ nat Gr., wird über Quecksilber mit Ammoniakgas gefüllt, alsdann bringt man mittelst einer am unteren Ende etwas gekrümmten Pipette Wasser in den Cylinder und sofort sieht man das Quecksilber mit dem Wasser in dem Cylinder in die Höhe steigen und ihn vollständig ausfüllen.

Wie das Wasser Ammoniakgas absorbirt, so absorbirt es, wenn auch allmälig, die Kohlensäure. Zweckmässig wendet man zu einem derartigen Versuch eine calibrirte Eudiometerröhre an, die von Bunsen [1]) construirt und mittelst einer Schraubenvorrichtung *a*, Fig. 256, $^1/_2$ nat. Gr., durch eine Kautschukplatte luftdicht verschlossen werden kann. Die Eudiometerröhre wird über Wasser mit Kohlensäure bis auf $^1/_{10}$ gefüllt, alsdann durch die Kautschukplatte unter Wasser luftdicht verschlossen, herausgenommen und um die Absorption zu beschleunigen, geschüttelt. Wieder unter Wasser gebracht, wird die Schraube lose geöffnet und man sieht alsdann Wasser in die Röhre eintreten. Hat man sich den Stand des Wassers vor dem Schütteln der Röhre gemerkt, so kann man direct ablesen, wie viel Kohlensäure von dem Wasser jedesmal absorbirt wurde. Wiederholt man diese Procedur mehrmals, so gelingt es die gesammte Kohlensäure zur Absorption zu bringen.

e. **Das Absorptiometer von Henry** [2]). Dieses Instrument wurde von Henry construirt, um die Menge eines Gases, welches Wasser absor-

---

[1]) Bunsen. Ueber das Gesetz der Gasabsorption. Annal. der Chem. Bd. 93, S. 10. 1855.

[2]) Henry. Experiments on the quantity of gases absorbed by water at different temperatures and under different pressures. Philosoph. transact. P. I, p. 29. 1803. Auch Versuche über die Gasmengen, welche das Wasser nach

biren kann, genau zu bestimmen. Es besteht aus einem calibrirten Gefäss *A*, Fig. 257, 1/4 nat. Gr., von ungefähr 5 cm Durchmesser und 20 cm Länge, an dessen oberem Ende eine mit Hahn versehene Messingkappe *E* und an dessen unterem Ende eine ⊤förmige Röhre *C* aus Kupfer aufgekittet ist. Der seitlich abgehende Schenkel der Röhre *C* steht durch einen Kautschukschlauch *D* mit der calibrirten engen Glasröhre *B* in Verbindung. Bei Henry bestand *D* aus einem wasserdicht schliessenden Zeuge, über welchem sich eine Hülle von Leder befand.

Fig. 257.



Der Apparat wird bei der Benutzung zuerst voll Quecksilber gefüllt, alsdann schraubt man an das untere Ende von *F* eine mit einem Hahn versehene Flasche auf, welche Wasser von einer bestimmten Temperatur enthält. Hierauf öffnet man den Hahn der Flasche und den Hahn *F*; das Quecksilber läuft aus *A* in die unten befindliche Flasche und statt dessen tritt Wasser nach *A*. Die Menge desselben wird an der an *A* angebrachten Scala gemessen. Man nimmt nun die Flasche fort und schraubt statt ihrer eine andere auf, welche Gas enthält, und lässt von diesem auf dieselbe Art eine abgemessene Menge nach *A* treten. Alsdann schüttelt man stark und giesst, wenn das Gas in *A* absorbirt ist, in die Röhre *B* Quecksilber nach, bis dieses zu Ende des Versuchs wieder in dem nämlichen Niveau mit dem Quecksilber im Absorptionsgefässe *A* steht. Standen beide Quecksilberflächen auch zu Anfang im gleichen Niveau, so misst

Verschiedenheit der Temperatur und nach Verschiedenheit des Druckes absorbirt. Gilbert's Annal. Bd. 20, S. 149. 1805.

das Volumen des in die Röhre B hinzugegossenen Quecksilbers das Volumen des absorbirten Gases.

Dieser Apparat hat vor einem Cylindergefässe, worin Gas und Wasser über Wasser gesperrt sind, den Vorzug, dass sich in ihm vermittelst der Röhre B sehr kleine Absorptionsmengen messen lassen, die in einem weiten Gefässe nicht mehr wahrzunehmen sein würden.

d. Die Bestimmung des Absorptionscoefficienten von Gasen in Flüssigkeiten nach der Methode von Bunsen[1]. Bekanntlich nennt Bunsen das auf 0° und 760 mm Quecksilberdruck reducirte Gasvolumen, welches von der Volumeneinheit einer Flüssigkeit unter dem Drucke von 760 mm absorbirt wird, den Absorptionscoefficienten des Gases für die Flüssigkeit. Da die Menge des absorbirten Gases sich dem Drucke proportional verhält, so ist der Absorptionscoefficient einer Gasart bestimmt, wenn das auf 0° reducirte Volumen derselben V vor der Absorption unter dem Druck P, und das nach der Absorption übrigbleibende, auf 0° reducirte Volumen V_1 unter dem Druck P_1, sowie das absorbirende Flüssigkeitsvolumen h_1 bekannt ist. Die von dem Flüssigkeitsvolumen h_1 unter dem Drucke P_1 absorbirte Gasmenge ist gleich der ursprünglichen Gasmenge weniger der nach der Absorption übriggebliebenen

$$= \frac{V.P}{760} - \frac{V_1 P_1}{760}.$$

Hätte der Druck bei der Absorption nicht P_1, sondern 760 betragen, so würde dem eben erwähnten Gesetze zufolge die absorbirte Gasmenge

$$\frac{VP}{P_1} - V_1$$

gewesen sein. Daraus folgt der Absorptionscoefficient α, d. h. die vom Flüssigkeitsvolumen 1 bei 760 mm Quecksilberdruck absorbirte Gasmenge

$$\alpha = \frac{1}{h_1}\left(\frac{VP}{P_1} - V_1\right).$$

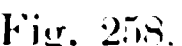
Ist der Absorptionscoefficient α bekannt, so findet man die von der Flüssigkeitsmenge h unter dem Drucke P absorbirte Gasmenge g aus der Gleichung:

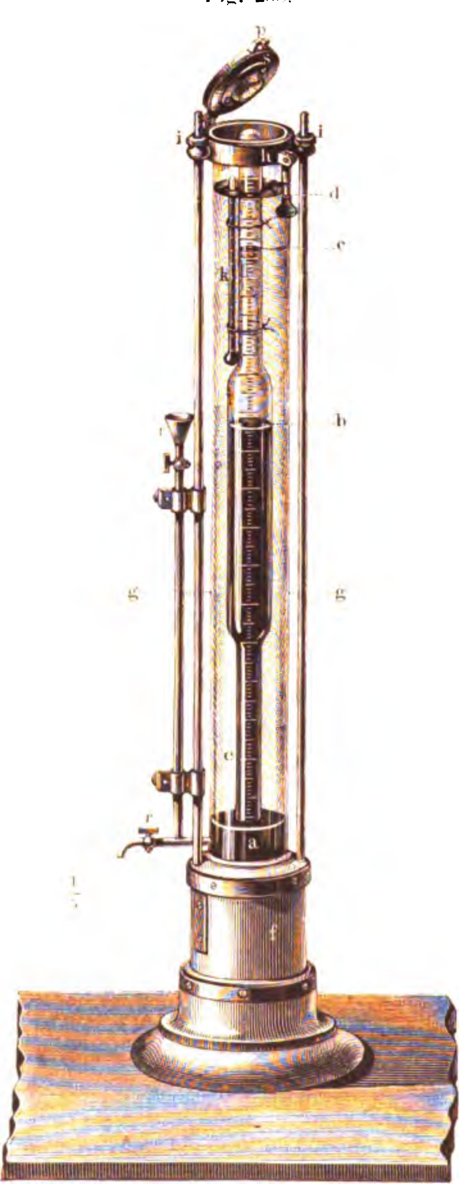
$$g = \frac{\alpha h . P}{760}.$$

Zur Bestimmung des Absorptionscoefficienten der verschiedensten Gase für Flüssigkeiten wandte Bunsen das von ihm construirte Absorptiometer an. Dieser Apparat besteht aus einem in Millimeter getheilten und calibrirten Absorptionsrohr e, Fig. 258 (a. f. S.), $^1/_5$ nat. Gr., das an seinem unteren Ende mit der nämlichen Vorrichtung versehen ist,

[1] Bunsen. Ueber das Gesetz der Gasabsorption. Annal. der Chem. Bd. 93, S. 1. 1835.

die wir Fig. 256 beschrieben. Die Schraubenhülse des Rohres *e* passt in die innere Höhlung des Fusses *f* derartig, das dieselbe wohl auf- und abwärts geschoben, nicht aber um die Axe gedreht werden kann. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, die Absorptionsröhre durch eine geringe Axendrehung nach links oder rechts zu öffnen oder zu schliessen. Der äussere mit abgeschliffenen Rändern versehene Glascylinder *gg*, welcher die Absorptionsröhre *e* umschliesst, ruht auf dem Sockel *f* und wird mittelst der eisernen Fassung *h* und den Schrauben *ii* fest darauf angepresst. Dieselbe ist durch einen Deckel *p* verschliessbar. Der Verschluss wird durch die Schraube *d* gesichert. Die beiden Röhren *rr* dienen zum Eingiessen und Ablassen von Quecksilber, um das Niveau des letzteren in der Röhre *e* erhöhen und erniedrigen, also den Druck beliebig modificiren zu können.


Fig. 258.



Wenn man nun einen Absorptionsversuch machen will, so füllt man zunächst das Absorptionsrohr *e* vollständig mit Quecksilber und stellt es in eine Quecksilberwanne; man lässt alsdann das Gas in der Röhre aufsteigen und nimmt die nöthigen Ablesungen vor. Hierauf bringt man eine entsprechende Menge Flüssigkeit zu dem Gase in die Absorptionsröhre, ver-

schliesst die untere Oeffnung und stellt die Röhre in den Glascylinder *gg*. Der Glascylinder ist vorher schon mit Wasser von einer bestimmten Temperatur gefüllt. Dieselbe giebt das Thermometer *k* an. Man öffnet nun die Absorptionsröhre etwas durch Drehen und stellt damit das Gleichgewicht zwischen innerem und äusserem Drucke her; dann verschliesst man sie wieder. Nunmehr klappt man den Deckel *p* um, der in der Mitte seiner unteren Fläche eine dünnwandige fingerhohe eiserne Hülle trägt, die mit einer Kautschukplatte *s* überzogen ist. Diese Kautschukplatte dient als federnde Widerlage, gegen welche sich der Kopf des Absorptionsrohres beim Schliessen des Deckels soweit einpresst, dass es in seiner Lage festgehalten wird. Ist dieses geschehen, so schüttelt man den Apparat eine Minute auf das heftigste. Man öffnet hierauf wieder den Deckel *p*, dreht die Absorptionsröhre *e*, schliesst wieder und schüttelt den Apparat aufs neue etc. Ist keine Volumveränderung mehr am Gase zu bemerken, so nimmt man die nöthigen Ablesungen vor. Das zur Absorption benutzte Wasser muss vorher stundenlang gekocht haben und völlig luftfrei sein.

Die Berechnung wird an einem Beispiele klar werden, welches wir Bunsen entlehnen; dasselbe behandelt die Bestimmung des Absorptionscoefficienten von Stickstoff für Wasser bei der Temperatur von 19° C.

1. Beobachtungen vor der Absorption.

Unteres Quecksilberniveau im äusseren Cylinder . .	$a =$	423·6 mm
Unteres Quecksilberniveau im Absorptionsrohre[1]. .	$b =$	124·1 „
Barometerstand	$p =$	746·9 „
Temperatur des Absorptiometers	$t =$	19·2° C.
Temperatur des Barometers	$\tau =$	19·0 „

2. Beobachtungen nach der Absorption.

Unteres Quecksilberniveau im äusseren Cylinder . .	$a_1 =$	352·2 mm
Oberes Quecksilberniveau im Absorptionsrohre . . .	$b_1 =$	350·7 „
Oberes Wasserniveau im Absorptionsrohre.	$c_1 =$	65·5 „
Oberes Wasserniveau im äusseren Cylinder	$d_1 =$	8·0 „
Barometerstand	$p_1 =$	746·3 „
Temperatur des Absorptiometers.	$t_1 =$	19·0° C.
Temperatur des Barometers	$\tau_1 =$	18·9 „

Die Ablesungen müssen nunmehr reducirt werden. Es ergiebt sich aus denselben:

Quecksilberniveau	$a =$	423·6 mm
Quecksilberniveau	$b =$	124·1 „
Quecksilbersäule im Absorptionsrohr . .	$a - b$	299·5 mm
„ auf 0° reducirt	π	298·5 „

[1] Das Absorptiometer enthält bei diesem Versuche nur Quecksilber und kein Wasser.

Weiter muss der Barometerstand $p = 746 \cdot 9$ auf 0^0 reducirt werden, ferner ist die Dampftension bei $19 \cdot 2^0$ C. $= 16 \cdot 6$ mm in Abzug zu bringen. Es ergiebt sich dann:

Auf 0^0 reducirter Barometerstand . . . . $\pi_1 = 744 \cdot 4$ mm
Auf 0^0 reducirter Quecksilberdruck des Gases $(\pi_1 - \pi) = 445 \cdot 9$ „
Dampftension bei $19 \cdot 2^0$ C. . . . . $= 16 \cdot 6$ „
Druck des trockenen Stickstoffs . . . . $P = 429 \cdot 3$ „

Das am Theilstrich $b = 124 \cdot 1$ abgelesene Volumen ist nach der Calibrirung corrigirt $= 34 \cdot 90$ und auf 0^0 reducirt $V = 32 \cdot 608$.

Aus den Ablesungen nach der Absorption ergiebt sich
Der auf 0^0 reducirte Barometerstand . . . . . . $\delta = 743 \cdot 8$ mm
Quecksilberniveau bei . . . . $a_1 = 352 \cdot 2$ „
Quecksilberniveau bei . . . . $b_1 = 350 \cdot 7$ „
Demnach Quecksilbersäule im Absorptionsrohr
Bei 19^0 C. . . . . $(a_1 - b_1) = 1 \cdot 5$ „
Dieselbe bei 0^0 C. . . . . $= 1 \cdot 5$ „
Unteres Wasserniveau im Absorptionsrohr bei . . . $b_1 = 350 \cdot 7$ „
Oberes Wasserniveau im Absorptionsrohr bei . . . $c_1 = 65 \cdot 5$ „
Mithin ist die Wassersäule im Absorptionsrohre $(b_1 - c_1) = w = 285 \cdot 2$ „
Unteres Wasserniveau im äusseren Cylinder . . . $a_1 = 352 \cdot 2$ „
Oberes Wasserniveau im äusseren Cylinder . . . . $d_1 = 8 \cdot 0$ „
Folglich Wassersäule im äusseren Cylinder $(a_1 - d_1) = w_1 = 344 \cdot 2$ „
Die dem Barometer entgegendrückende Wassersäule . . . . $(w_1 - w) = 59 \cdot 0$ „
Dieselbe auf Quecksilberdruck reducirt . . . . . $q = 4 \cdot 4$ „
Auf 0^0 C. reducirter Druck . . . . . $(\delta - \delta_1 - q) = 746 \cdot 8$ „
Abzuziehende Dampftension für $19 \cdot 0^0$ C. . . . . . . $= 16 \cdot 3$ „
Also Druck des unabsorbirt gebliebenen Stickstoffs . . $P_1 = 730 \cdot 5$ „
Bei $19 \cdot 0^0$ C. am Theilstrich $c_1 = 65 \cdot 5$ abgelesenes nach der Calibrirung corrigirtes rückständiges Gasvolumen . . . . $= 17 \cdot 67$ „
Dasselbe auf 0^0 reducirt . . . . $V_1 = 16 \cdot 52$ „
Dem Theilstriche $b_1 = 350 \cdot 7$ nach der Calibrirung entsprechendes Volumen . . . . $= 200 \cdot 04$ „
Dem Theilstriche $c_1 = 65 \cdot 5$ nach der Calibrirung entsprechendes Volumen . . . . $= 17 \cdot 67$ „
Absorbirendes Wasservolumen . . . . $h_1 = 182 \cdot 37$ „

Aus diesen reducirten Elementen ergiebt sich nach der Formel

$$\alpha = \frac{1}{h_1}\left(\frac{V \cdot P}{P_1} - V_1\right)$$

der Absorptionscoefficient des Stickstoffs bei 19^0 C.:

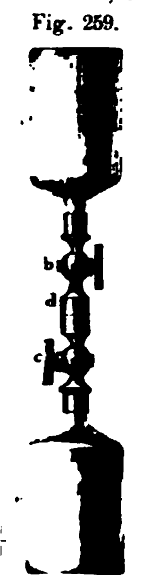
$$\alpha = \frac{1}{182 \cdot 37}\left(\frac{32 \cdot 608 \, . \, 429 \cdot 3}{730 \cdot 5} - 16 \cdot 52\right) = 0 \cdot 01448.$$

2. Die Diffusion der Gase.

Wie Dalton [1]) ermittelte, vermischen sich Gase, die nicht chemisch auf einander wirken, gleichförmig durch einander, indem jedes in dem von dem anderen erfüllten Raume wie in einem leeren Raume sich ausbreitet. Sind die Gase durch poröse Scheidewände, wie Gyps, gebrannten Thon, Graphitmassen etc., von einander getrennt, so geht die Diffusion gleichfalls vor sich. Die Geschwindigkeiten, mit welchen die Gase in entgegengesetzter Richtung unter sonst gleichen Umständen die Scheidewand durchziehen, verhalten sich nach Graham umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus ihren specifischen Gewichten. Sind die Gase durch thierische feuchte Membranen von einander getrennt, so wird die Diffusion durch die respectiven Absorptionscoefficienten bedingt, indem die in bestimmten Zeiten ausgeströmten und eingetretenen Gasmengen den Absorptionscoefficienten proportional sind, wie Brimmeyer [2]) zeigte.

Diese Gesetze illustriren die Versuche Berthollet's, Graham's, Jamin's, Faust's, Boulland's und Draper's.

Fig. 259.



a. Der Versuch Berthollet's [3]) beweist die Richtigkeit des oben angeführten Dalton'schen Gesetzes der Gasdiffusion. Der Apparat, den Berthollet hierbei anwandte, besteht aus zwei mit Hähnen versehenen Glasballons *a* und *e*, Fig. 259, $^1/_3$ nat. Gr., die an einander geschraubt werden können. Die Ballons werden gesondert mit verschiedenen Gasen gefüllt und mit geschlossenen Hähnen auf einander geschraubt. Hierauf werden die Flaschen in verticaler Richtung aufgestellt, der Ballon mit dem leichten Gase nach oben gekehrt und zunächst einige Zeit ruhig stehen gelassen. Dann werden die Hähne *b* und *c*, ohne dass der Apparat weiter berührt wird, geöffnet, nach einiger Zeit wieder geschlossen und die Gase in jedem Ballon analysirt. In den Versuchen Berthollet's zeigten nach 48 Stunden die Ballons bei Wasserstoff und atmosphärischer Luft, Wasserstoff und Kohlensäure die gleiche Zusammensetzung; bei atmosphärischer Luft und Kohlensäure aber zeigte der untere Ballon noch nach 17 Tagen etwas mehr Kohlensäure als der obere, nämlich 50 und 42 Vol.-Proc.

---

[1]) Dalton. Eine neue Theorie über die Beschaffenheit gemischter luftförmiger Flüssigkeiten, besonders der atmosphärischen Luft. Gilbert's Annal. Bd. 12, S. 385. 1802.

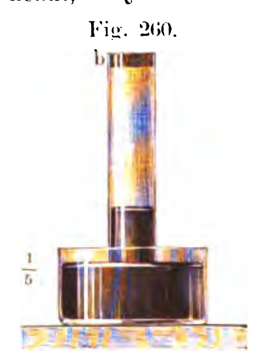
[2]) Brimmeyer. Diffusion der Gase durch feuchte Membranen. S. 7. 1857.

[3]) Berthollet. Sur le mélange réciproque des gaz. Mém. de physique et de chimie de la société d'Arcueil. T. II, p. 463. 1809. Auch Poggendorff's Annal. Bd. 17, S. 341. Anmerkung 1829.

b. Der Diffusionsversuch Graham's [1]. Bei dem Versuche Graham's geschieht die Gasdiffusion durch eine Gypsplatte, die in einen Glascylinder eingefügt ist. Derartige Röhren stellt man sich dadurch her, dass man in offene und graduirte Glasröhren von etwa 15 bis 35 cm Länge und etwa 13 mm innerem Durchmesser einen Holzcylinder von nahe demselben Durchmesser so weit hineinschiebt, dass am anderen Ende eine Strecke von 2 bis 15 mm leer bleibt, die man mit Gypsteig ausfüllt. Wenn der Gyps erhärtet ist, was meist in wenig Minuten geschieht, zieht man den Holzcylinder heraus und trocknet die Röhre entweder durch 24 stündiges Liegen an freier Luft oder durch Erhitzung auf 90° C.

Füllt man eine derartige Glasröhre, welche Graham Diffusiometer nennt, in Quecksilber stehend mit Wasserstoffgas, so geht der Austausch dieses Gases mit atmosphärischer Luft mit solcher Schnelligkeit von statten, dass innerhalb weniger Minuten das Quecksilber um etwa 50 mm über sein äusseres Niveau steigt. Beistehende Figur 260, 1/5 nat. Gr., zeigt einen im Gange befindlichen Versuch. *b* ist die Gypsplatte.

Fig. 260.



Bei Anstellung derartiger Versuche thut man gut, Glasröhren mit geschliffenem Rande anzuwenden, welche mit Fett bestrichen und mit einer Glasplatte bedeckt werden können. Die Glasplatte bleibt während des Füllens der Röhre über der Gypsplatte liegen und wird erst abgenommen, wenn man die Diffusion beginnen lassen will.

Es ist nothwendig, dass die Gypsplatten trocken sind, denn nasse lassen kein Gas durchtreten. Auch ist zu beachten, dass Röhren, die mit ihren Gypsplatten einige Tage oder Wochen an der Luft gelegen haben, die Luft mag trocken oder feucht gewesen sein, zu einem sofortigen Diffusionsversuche unbrauchbar sind. Durch derartige Gypsplatten geht die Diffusion erst nach 2 bis 3 Minuten vor sich. Die Ursache dieser Erscheinung ist unbekannt. Erwärmt man jedoch die Gypsplatten gelinde, so erhalten sie ihre vorige Wirksamkeit wieder.

Später wandte Graham [2] statt des Gypses künstlich comprimirten Graphit an, wie er zu Bleistiften benutzt wird. Aus diesem Material werden runde Scheiben von der Dicke einer Oblate mittelst einer Stahlsäge geschnitten und mit Harzkitt auf das eine Ende der Diffusions-

[1] Graham. On the law of the diffusion of gases. The London and Edinburgh philosoph. magaz. S. III, Vol. II. p. 175. 1833. Auch: Ueber das Gesetz der Diffusion der Gase. Poggendorff's Annal. Bd. 28. S. 331. 1833.

[2] Graham. On the molecular mobility of gases. Proced. of the Roy. society Vol. XII, p. 611. 1863. Auch: Ueber die moleculare Beweglichkeit der Gase. Poggendorff's Annal. Bd. 120, S. 415. 1863.

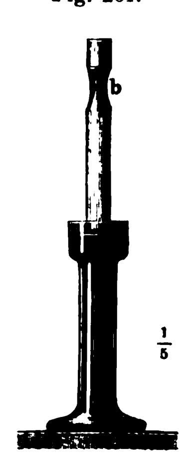
röhre befestigt. Der Versuch geht alsdann in der nämlichen Weise **vor sich.**



Fig. 262.



Fig. 261.



Kommt es darauf an, die gegenseitige Diffusionswirkung allein zur Anschauung zu bringen, so muss man darauf achten, dass das Niveau des Quecksilbers innerhalb wie ausserhalb der Röhre stets gleich hoch bleibt. Man erreicht dies, indem man die Diffusionsröhre in das Quecksilber, das sich alsdann zweckmässig in einem Stehcylinder befindet, wie beigegebene Figur 261, $^1/_5$ nat. Gr., angiebt, allmälig einsenkt.

c. Der Versuch Jamin's [1]) zeigt den

---

[1]) Jamin. Note sur l'endosmose des gases. Compt. rend. T. 43, p. 234. 1856. Auch: Ueber die Endosmose der Gase. Poggendorff's Annal. Bd. 99, S. 327. 1856.

Process der Gasdiffusion durch eine Thonzelle in äusserst eleganter Weise. Auf eine Thonzelle *A*, Fig. 262 (a. v. S.), $^{1}/_{10}$ nat. Gr., wie solche zu galvanischen Ketten benutzt werden, wird ein doppelt durchbohrter Kork aufgesetzt; durch die eine Durchbohrung geht eine Glasröhre, die mit einem Quetschhahn versehen ist und zur Einführung des Gases dient, durch die andere eine etwa 3 m lange Glasröhre, die in Wasser taucht. Die Thonzelle wird mit Wasserstoffgas gefüllt und nach einigen Minuten der Hahn *b* geschlossen. In Folge des Diffusionsaustausches, bei welchem viel mehr Wasserstoff aus der Thonzelle tritt, als atmosphärische Luft einströmt, steigt das Wasser in dem langen Rohr in die Höhe. Von **Jamin** wurde eine Steigung bis auf 2·5 m erhalten.

Wöhler[1]) macht den Versuch **Jamin's** in der Weise, dass er über die Thonzelle ein eng anliegendes Becherglas stülpt, unter welchem die Füllung mit Wasserstoff geschieht. Bei Beginn des Diffusionsversuches wird das Becherglas abgenommen. Der Kork muss luftdicht schliessen.

d. Die Versuche von Faust und Boulland bestehen darin, dass man feuchte Blasen mit einer Gasart füllt und dieselben alsdann in Räume bringt, welche eine andere Gasart enthalten. Wenn man z. B., wie **Faust**[2]) angiebt, eine feuchte Schweinsblase mit Wasserstoffgas füllt und diese in eine Kohlensäureatmosphäre bringt, so platzt die Blase binnen zwei Stunden. Aehnliche Versuche hatte **Graham**[3]) schon früher angestellt. **Graham** füllte eine Blase, die mit einem Hahn verschlossen war, zu zwei Drittel mit Steinkohlengas und legte dieselbe in einen mit Kohlensäuregas gefüllten Raum. Nach Verlauf von 24 Stunden war der grösste Theil der Kohlensäure aus dem Raume verschwunden und die Blase ganz angeschwollen.

Den Process des allmäligen Eindringens der Kohlensäure in die feuchte Blase zeigt folgende Versuchseinrichtung sehr schön, die von **Boulland**[4]) herrührt. Man bindet auf eine gebogene Glasröhre *A*, Fig. 263, $^{1}/_{4}$ nat. Gr., die Gallenblase eines Schafes und hängt diese in den Raum, der mit Kohlensäure gefüllt ist. Die Glasröhre *A* steht durch

---

[1]) **Wöhler**. Ein Vorlesungsversuch zur Illustration der Diffusionserscheinungen. Berichte der deutschen chemischen Gesellsch. zu Berlin. 4. Jahrg. S. 10. 1871.

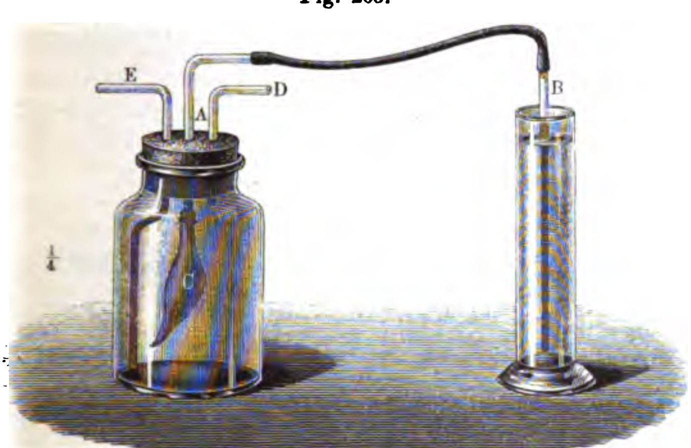
[2]) **Faust**. Versuche und Beobachtungen über die Endosmose und Exosmose der Gasarten, sowie die Beziehungen, in welchen die Erscheinungen zu der Respiration stehen. **Froriep**. Notizen aus dem Gebiete der Natur und Heilkunde. Bd. 30, S. 118. 1831.

[3]) **Graham**. Notice of the singular influence of a bladder. The quaterly journ. of science etc. Jahrg. 1829. p. 88. 1830. Auch: Ueber das Eindringen der Gase in einander und deren Trennung durch mechanische Mittel. **Poggendorff's** Annal. Bd. 17, S. 347. 1829.

[4]) **Boulland**. De la contractilité physique et quelques autres propriétés que présentent les tissus non vivant de l'organisme animal et notamment de l'endosmose des gazes et des vapeurs. **Robin**. Journ. de l'anatom. et de la physiolog. Bd. IX. p. 208. 1873.

einen Kautschukschlauch mit einer Glasröhre *B* in Verbindung, welche in Wasser taucht. In dem Maasse als die Kohlensäure in die Blase *C* diffundirt, steigen aus dem unteren Ende von *B* Gasblasen auf. Steht

Fig. 263.



keine Gallenblase zur Verfügung, so kann man nach **Boulland** auch den Magen eines Frosches benutzen, dessen Duodenalende natürlich abgebunden werden muss.

Der Raum, in dem sich die feuchten Membranen befinden, muss fortwährend mit Kohlensäure gespeist werden. Zu dem Ende leitet man während des Versuches fortwährend in diesen Raum Kohlensäure. Bei vorstehendem Versuche geschieht dies durch die Glasröhre *E*. Das nicht zur Verwendung kommende Gas entweicht durch *D*.

e. **Der Diffusionsversuch Draper's** [1]) besteht darin, dass man über die Mündung eines Bechergläschens eine dicke Seifenlösung mit dem Finger streicht, so dass durch dieselbe das Glas in einer dünnen Schicht verschlossen wird. Stülpt man über dieses Gläschen eine Glocke, die mit Stickstoffoxydulgas gefüllt ist, so verliert nach wenig Augenblicken die zähe Schicht ihre Horizontalität, wird convex und bildet nach ein oder zwei Minuten eine Halbkugel mit glänzenden Regenbogenfarben.

Statt der Seifenlösung kann man auch die Gasdiffusion durch ein Eiweisshäutchen zeigen. Zu dem Ende wird Eiereiweiss auf eine flache

---

[1]) Draper. Gaseous diffusion. The London and Edinburgh philosoph. magaz. ser. III, V. 11, 559. 1837. Auch: Diffusionsversuch. Poggendorff's Annal. Bd. 43. S. 88. 1838.

Schale ausgegossen und mit einem Bechergläschen, das etwa 30 bis 40 mm im Durchmesser hat, rasch darüber gefahren. Es bildet sich alsdann eine Membran, welche das Gläschen überzieht. Stellt man dieses Bechergläschen unter eine Glasglocke, in welche Kohlensäure geleitet wird, so sieht man in kurzer Zeit das Eiweisshäutchen sich wölben.

Zweites Capitel.

Vom Blute und der Blutbewegung.

In diesem Capitel liegt es uns ob, die Untersuchungsmethoden anzugeben, durch welche unsere Kenntnisse von der physikalischen und chemischen Constitution des Blutes und den Gesetzen, unter denen das Blut bei seinem Laufe durch den Thierkörper steht, erworben wurden; nicht minder ist es unsere Aufgabe, eine Anleitung zur Anstellung derjenigen Versuche zu geben, die man ersonnen, um die Einwirkungen zu studiren, welche Constitution und Bewegung des Blutes im Thierkörper ändern. Bei der Anstellung hierauf bezüglicher Versuche ereignet es sich sehr häufig, dass das Blut direct aus der Ader des lebenden Thieres genommen werden muss, ingleichen hat man fast stets am lebenden Thiere zu arbeiten, wenn man die Gesetze erforschen will, nach welchen die Blutströmung im lebenden Thierkörper erfolgt, oft ist es dabei nothwendig, die Thiere mehr oder minder eingreifenden Operationen zu unterwerfen. Die Art und Weise, wie man diese Operationen am zweckentsprechendsten vornimmt, werden wir in jedem einzelnen Falle erörtern.

Die Materie, die in diesem Capitel abzuhandeln ist, zerfällt daher in Untersuchungsmethoden des Blutes, der Blutbewegung und der Veränderungen des Blutes auf seiner Bahn durch den Thierkörper.

A. Vom Blute.

Das Blut der Thiere besteht aus einer Flüssigkeit, Plasma [1]) genannt, in der eine ungeheure Anzahl morphologischer Elemente, die Blut-

---

[1]) Der Name Plasma wurde von Schultz eingeführt. Schultz. Das System der Circulation, in seiner Entwickelung durch die Thierreihe und im Menschen und mit Rücksicht auf die physiologischen Gesetze seiner krankhaften Abweichungen, S. 7, 1836.

körperchen [1]), suspendirt sind. Eine Ausnahme hiervon macht das Blut der Nemertinen, der Schnurwürmer, in welchem bisher noch keine Blutkörperchen gefunden wurden. Wir berichten im Folgenden von der Anstellung von Versuchen, aus welchen die allgemeinen Eigenschaften des Blutes abgeleitet werden können, alsdann von den Untersuchungsmethoden des Plasmas, der Blutkörperchen und des Gesammtblutes im Wesentlichen der Wirbelthiere, da Untersuchungen über das Blut der Wirbellosen nur in spärlicher Zahl vorliegen.

I. Die allgemeinen Eigenschaften des Blutes.

Das Blut der Wirbelthiere mit einziger Ausnahme des von Amphioxus lanceolatus Yarell [2]) ist roth; das Blut der Wirbellosen ist farblos oder verschiedentlich gefärbt, wie blau, gelb, grün, braun etc. Ist das Blut wirbelloser Thiere gefärbt, so rührt dies von einem dem Plasma beigegebenen Farbstoff her, nicht von den Blutkörperchen, die fast durchweg farblos sind [3]). Bei den Wirbelthieren dagegen ist das Plasma farblos und die rothe Farbe des Blutes rührt von den in dem Plasma suspendirten gefärbten Blutkörperchen her.

Das Blut sämmtlicher Thiere reagirt alkalisch und gerinnt einige Zeit nach der Entfernung aus dem Körper. Eine Ausnahme hiervon macht nach den Untersuchungen von Boll [4]) das Blut junger Embryonen. Durch den Act der Gerinnung scheidet sich das Blut alsbald in eine zusammenhängende Masse, den Blutkuchen, und eine Flüssigkeit, das Serum.

---

[1]) Der Name Blutkörperchen rührt von Johannes Müller her. Er findet sich zuerst in Müller's Abhandlung: Beobachtungen zur Analyse der Lymphe des Blutes und des Chylus. Poggendorff's Annal. Bd. 25, S. 514, 1832, sowie in den Beiträgen zu Burdach: Die Physiologie als Erfahrungswissenschaft, Bd. IV, S. 103, 1832. Früher nannte man die morphologischen Bestandtheile des Blutes Blutkügelchen oder Blutkörner, z. B. Tiedemann, Physiologie des Menschen Bd. I, S. 313, 1830, oder Blutbläschen, z. B. Rudolphi, Grundriss der Physiologie Bd. I, S. 142, 1821.

[2]) Müller. Mikroskopische Untersuchungen über den Bau und die Lebenserscheinungen des Branchiostoma lubricum Costa, Amphioxus lanceolatus Yarell. Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandl. der königl. preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin 1841, S. 407. 1841.

[3]) Eine Ausnahme hiervon machen nach Wagner die Blutkörperchen der Cephalopoden, die violette Färbung besitzen, und von Terebella, die gelbroth gefärbt sind. Wagner. Beiträge zur vergleichenden Physiologie des Blutes S. 19 u. 23. 1833.

[4]) Nach den Beobachtungen von Boll: Ein Beitrag zur Kenntniss der Blutgerinnung. Archiv für Anatom. Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1870 S. 721. 1870, tritt im Blut von Hühnerembryonen erst vom 13. bis 14. Bebrütungstage ein Fibringerinnsel auf, zur Bildung eines Blutkuchens kommt es erst vom 16. bis 17. Bebrütungstage an.

Die Menge des Blutes, welches in einem Thierkörper enthalten ist, lässt sich nicht bei allen Thieren genau feststellen. Befriedigende Resultate wurden bis jetzt nur bei höher organisirten, rothes Blut führenden Thieren erzielt.

Wir geben anbei eine kurze Anleitung, wie man sich von den eben angegebenen allgemeinen Eigenschaften des Blutes überzeugen kann. Wir handeln von der Gewinnung des Blutes von verschiedenen Thieren, der Bestimmung seiner Alkalescenz, dem specifischen Gewichte, dem Geruche, den Erscheinungen, welche die Gerinnung begleiten und im Anschluss hieran von der Bestimmung der Blutmenge.

I. Von der Gewinnung des Blutes verschiedener Thiere.

Die Art und Weise, wie man Blut von Thieren gewinnt, richtet ich jeweilen nach dem anatomischen Bau des Gefässsystems und der rösse des Thieres. Anders ist das Verfahren bei grösseren Wirbelthieren, nders bei kleineren, anders bei Wirbellosen. Farbloses Blut haben z. B. ie Teichmuscheln Unio pictorum oder Anodonta, blaues Blut Helix poatia, die Weinbergsschnecke, grünes Blut haben viele Schmetterlingsaupen, z. B. Vanessa urticae, kleiner Fuchs, Sphinx ligustri, der Ligusterchwärmer, Sphinx euphorbiae, der Wolfsmilchschwärmer; gelb ist das ut der Raupe von Bombyx mori, dem Seidenspinner oder Pontia brasicae, dem Kohlweissling; braun ist das Blut der meisten Käfer. Wir richten im Folgenden von den Methoden der Blutgewinnung bei grösseen und kleineren Säugethieren, bei Vögeln, Amphibien, Fischen, Mollusen, Krebsen und Insecten. Die Beispiele sind so ausgewählt, dass bei en Wirbelthieren dabei zu gleicher Zeit die verschiedene Gestalt der lutkörperchen, bei den Wirbellosen die verschiedene Farbe des Blutes ur Anschauung gebracht werden können.

a. **Gewinnung des Blutes von Säugethieren.** Blut von rösseren Säugethieren, wie Hunden, Katzen, Kaninchen, Meerschweinen etc., verschafft man sich in geringer Menge im Allgemeinen dadurch, ass man am Ohre mit einer Lancette einen kleinen Einstich macht, in rösserer Menge dadurch, dass man das Thier auf irgend eine Art auf er Unterlage unbeweglich befestigt, ein grösseres Blutgefäss, sei es rterie, sei es Vene, blosslegt und in diese eine Kanüle einbindet. Das inbringen der Kanüle z. B. in eine Vene geschieht in der Weise, dass an das centrale Ende des frei präparirten isolirten Gefässes mittelst ner Ligatur abbindet und etwa 2 cm davon das Gefäss mit einer Sperrcette abklemmt. Hierauf schiebt man einen Faden unter das Zwischenück mittelst einer krummgebogenen Pincette, Fig. 264 (a. f. S.), nat. Gr., hneidet die Vene mit einer spitzen Scheere längs der Axe an, fasst die ne Seite des entstandenen Schlitzes mit einer guten anatomischen Pin-

cette, zieht sie ein wenig seitwärts und schiebt die Kanüle ein. Will man eine Kanüle in eine Arterie einbinden, so verfährt man ebenso, nur bindet man zuerst das peripherische Ende ab und legt die Klemmpincette an den central gelegenen Theil an. Indem man die Klemmpincette öffnet, strömt das Blut aus der Kanüle aus. Hat man genug Blut, so klemmt man das Gefäss wieder ab, legt hinter der Pincette eine Ligatur an, nimmt die Pincette weg, schneidet den Faden, mittelst dessen die Kanüle eingebunden war, ab, zieht die Kanüle heraus, reinigt die Wunde und näht den Hautschnitt zu. Nach den Versuchen von **Voit**, Rauber und Bauer [1]) können Hunde und Kaninchen einen Blutverlust von etwa 28 Proc. ihres Gesammtblutes oder $^1/_{50}$ ihres Körpergewichtes ertragen, ohne dass sie in den nächsten Tagen zu Grunde gehen.

Fig. 264.



Diese Art der Blutentziehung gelingt nur dann reinlich, wenn die Thiere gut befestigt, die Kanülen von passender Form und die Klemmpincetten von geeigneter Construction sind. Einige Angaben hierüber dürften daher hier am Platze sein.

α. Die **Befestigungsweisen der Thiere.** Die Befestigung von Hunden, Schafen, Ziegen geschieht am einfachsten auf einem starken Brette, in dem sich in der Mitte eine muldenförmige Vertiefung zur Aufnahme des Körpers befindet. Die Grösse und Dicke des Brette richtet sich nach der Grösse des Thieres. Seitlich sind an dem Brette Löcher angebracht, durch welche Riemen mit Schlingen hervorragen. Die Beine des Thiere werden durch die Schlingen dieser Riemen gesteckt, di Riemen angezogen und über dem Brette verbunde Der Kopf des Thieres wird durch eine besondere Vorrichtung fixirt. Dieselbe besteht, Fig. 265, $^1/_{10}$ nat. Gr aus einem starken gebogenen Eisendraht *A*, der in das Maul des Thier mit Schnüren in einigen Achtertouren eingebunden und in die mehrfa durchlöcherte Eisenstange *B* eingesteckt wird, die am oberen Ende d Brettes angeschraubt ist. Diese einfache Vorrichtung, die seit Jahren i physiologischen Institute zu Breslau in stetem Gebrauche ist und si fast bei jeglicher Art von Vivisectionen bewährt hat, macht alle übrig Befestigungsweisen entbehrlich.

Zur Befestigung von Kaninchen etc. hat **Czermak** [2]) eine einfac

---

[1]) Bauer. Ueber die Zersetzungsvorgänge im Thierkörper unter dem E flusse von Blutentziehungen. Zeitschr. für Biologie Bd. 8, S. 579 u. 591. 18

[2]) Czermak. Kleine Mittheilungen aus dem k. k. physiol. Institute Pest. Zur Befestigung der Kaninchen für Vivisectionen. Sitzungsber. d mathem. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 35, S. 418. 18

Vorrichtung angegeben. Dieselbe besteht aus einem länglich viereckigen

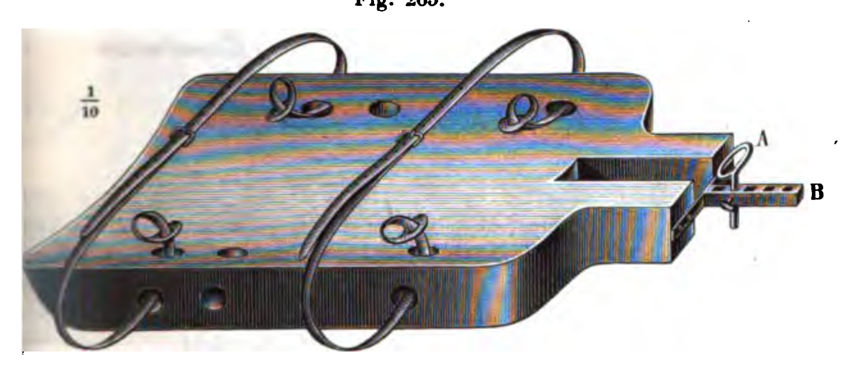
• • •

Brette, in welchem nahe am Rande sieben Bohrungen in dieser • •

• •

Anordnung angebracht sind. In diesen Bohrungen stecken Geigenwirbel ähnliche Holzstücke, die durch seitliche Stellschrauben fixirt werden können. An jedem Wirbel ist ein starker mit einer zuziehbaren Schlinge

Fig. 265.



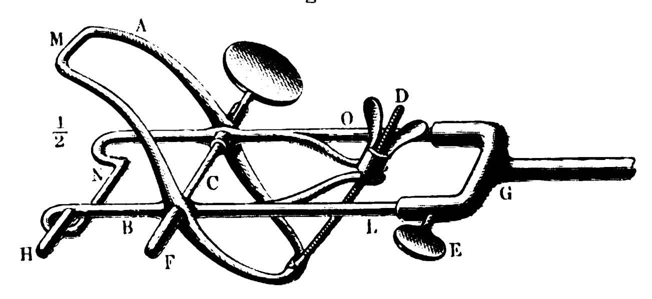
endender Bindfaden befestigt, der durch die Drehung des Wirbels aufzuwickeln und beliebig zu verkürzen ist. Die Schlingen der sechspaarigen Fäden werden um die Gelenke der vier Extremitäten und um die Basis der Ohren fest zugezogen. Die einfache Schlinge des siebenten Fadens, welche an dem unpaaren Wirbel in der Mitte der schmalen oberen Seite des Brettes befestigt ist, kommt hinter die Schneidezähne des Oberkiefers zu liegen, so dass man den Hals des Thieres nach Bedürfniss strecken und über ein untergelegtes Kissen spannen kann. Später construirte Czermak [1]) noch eine besondere Vorrichtung, um den Kopf des Thieres zu fixiren. Diese Vorrichtung, Fig. 266 (a. f. S.), $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus zwei um eine hohle Axe drehbaren Bügeln *A* und *B* und einem Stift *C*; erstere ergreifen den Kopf wie eine Zange über die Schnauze weg von vorn her, und werden durch das Anziehen einer Schraube *D* gegen einander gepresst, während der Stift hinter den geschlossenen Vorderzähnen in querer Richtung durch den Mund und die hohle Axe der Bügel geschoben wird, um das Abgleiten der Zange zu verhindern. Die Vorrichtung legt man einem Thiere in der Weise an, dass man die Bügel *A* und *B* geöffnet soweit über die Schnauze des Thieres schiebt, dass der Theil *M* des Bügels *A* auf die Stirn zu liegen kommt, während der Theil *N* des Bügels *B* den Unterkiefer unmittelbar vor den Höckern am

---

[1]) **Czermak.** Beschreibung einiger Vorrichtungen zu physiologischen Zwecken. I. Der Kaninchenkopfhalter. Sitzungber. der mathem. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 59, 2. Abth., S. 235. 1869.

hinteren Ende des Unterkiefers berührt. Hierauf zieht man die Schraube *D* etwas an, steckt den Stift *C* durch das hohle Axenlager der Bügel *A* und *B* und das Maul des Thieres und zieht schliesslich die Schraube *D*

Fig. 266.



vollends an. Da das Einstecken des Stiftes *C* durch das Maul des Thieres oft durch den Vorfall der Wangen und Lippen gehindert wird, so ist es auch zweckdienlich, dass man den Stift *C* mit einem hohlen Holzcylinder umgiebt, ihn in dem Axenlager der Bügel *A* und *B* feststellt und von vornherein dem Kaninchen in das Maul schiebt.

Ist dies geschehen, so bindet man das Thier auf ein 7 bis 8 dm langes Brett, Fig. 267, $^1/_{10}$ nat. Gr., und befestigt den Kopfhalter an einem an dem Brette verschiebbaren Tragstab *i* mittelst einer hohlen

Fig. 267.



Gabel *a*. Ist der Tragstab *i* seitlich an dem Brette angebracht, wie in der Fig. 267, so steckt man die Zapfen *H* und *F*, Fig. 266, in die Zinken der Gabel, ist der Tragstab aber vorn in der Mitte des Brettes angebracht, so steckt man *O* und *L* in die Zinken. Die Zapfen werden mittelst der Schraube *E* in der Gabel festgestellt.

Statt des Bindens der Beine des Thieres auf das Brett kann man auch eine Befestigung mittelst passend angebrachter Flügelschrauben oder Schrauben für Rouleauxschnüre erzielen, von welchen letztere

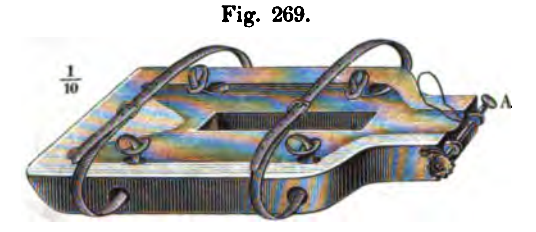
Czermak [1]) die Patentschraube von Hoffmann, Fig. 268, nat. Gr., empfiehlt.

In den meisten Fällen wird die einfache Vorrichtung Fig. 269, 1/10 nat Gr., genügen. Dieselbe ist seit Jahren im physiologischen Insti-

Fig. 268.



Fig. 269.



tute zu Breslau im Gebrauch und besteht aus einem hölzernen Brette, das eine der Grösse des Thieres entsprechende muldenförmige Vertiefung besitzt. Die Befestigung der Extremitäten geschieht durch kleine mit Schleifen versehene Riemen, die durch das Brett geführt und über dem Thiere mit einander verbunden werden, die Fixirung des Kopfes besorgt eine Rolle *A*, um welche eine Schnur aufgewickelt wird, die man um die Vorderzähne des Thieres gelegt hat.

Eine Methode Kaninchen zu befestigen hat auch Ranvier [2]) angegeben. Dieselbe hat jedoch vor der eben beschriebenen keinen Vorzug. Die Beschreibung findet man am angegebenen Orte.

β. Die Kanülen, die man in die Gefässe einbilden will, fertigt man sich selbst aus Glasröhren. Zu dem Ende zieht man eine Glasröhre etwas aus und schleift die Spitze schräg ab, Fig. 270 (a. f. S.), nat. Gr. Damit die in die Ader eingebundene Glasröhre sich nicht so leicht verschiebt, ist das Ende etwas verdickt. Die Grösse der anzuwendenden Kanüle richtet sich selbstverständlich nach dem Lumen des Gefässes, in das sie eingebunden werden soll. Die Glaskanülen sind erst seit relativ kurzer Zeit allgemein im Gebrauche; früher bediente man sich Metallröhren oder Federkiele, die man in die Gefässe einband. Hales [3]) benutzte z. B. bei seinen bekannten Versuchen über den Blutdruck eine kupferne Kanule, Magnus [4]) einen Federkiel, der in die Carotis oder Jugularis eines

---

[1]) Czermak. Beschreibung einiger Vorrichtungen zu physiologischen Zwecken. Sitzungsber. der mathem. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 59, 2. Abth., S. 239. 1869.

[2]) Ranvier. Traité technique d'histologie, p. 52. 1875.

[3]) Hales. Statik des Geblütes, bestehend in neuen Erfahrungen an lebendigen Thieren ihres Blutes Bewegung zu erforschen, S. 9. 1748.

[4]) Magnus. Ueber die im Blute enthaltenen Gase, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure. Poggendorff's Annal. Bd. 40, S. 597. 1837.

Thieres eingebunden wurde, je nachdem die Gase arteriellen oder venösen Blutes untersucht werden sollten.

Fig. 270. Fig. 271.

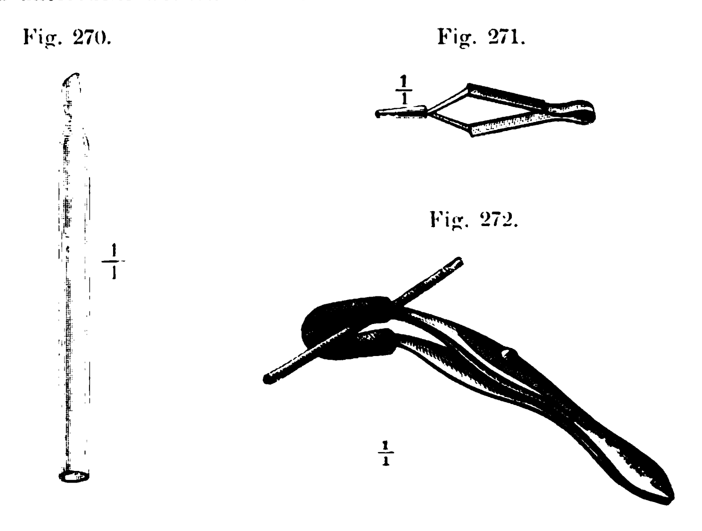
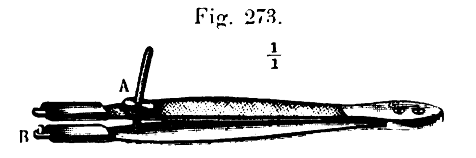


Fig. 272.

γ. Die Klemmpincetten dürfen nicht sehr gerifft sein, damit sie nicht das Gefäss durchtrennen. Bei kleineren Thieren, bei denen die Gefässe zart sind, benutzt man kleine Serre-fines, Fig. 271, nat. Gr, welche ein Gewicht von kaum 2 g haben. Die Serre-fines wurden 1849 von Vidal[1]) erfunden. Stehen keine derartige Pincetten zur Disposition, so kann man auch etwas grössere benutzen, man muss aber dann Sorge tragen, dass sie durch ihre Schwere das Gefäss nicht zerreissen, weshalb man sie unterstützen muss; damit die gerifften Lamellen das Gefäss nicht durchschneiden, schiebt man nach dem Vorgange Heidenhain's einen kleinen Kautschukschlauch unter das isolirte Gefäss, klappt denselben über dem Gefässe zusammen und schiebt in die Oeffnungen die Lamellen der Pincette, Fig. 272, nat. Gr.

Fig. 273.



Sehr zweckmässig sind auch die von Heidenhain angegebenen Pincetten von der Form von Fig. 273, nat. Gr. Der Verschluss dieser Pincette wird durch eine Schraube *A* bewerkstelligt, damit die Pincette von dem Gefässe nicht abgleitet, ist ein kleiner Stift *B* angebracht, damit sie nicht das Gefäss durchtrennt, sind ihre Lamellen mit Kautschuk überzogen.

---

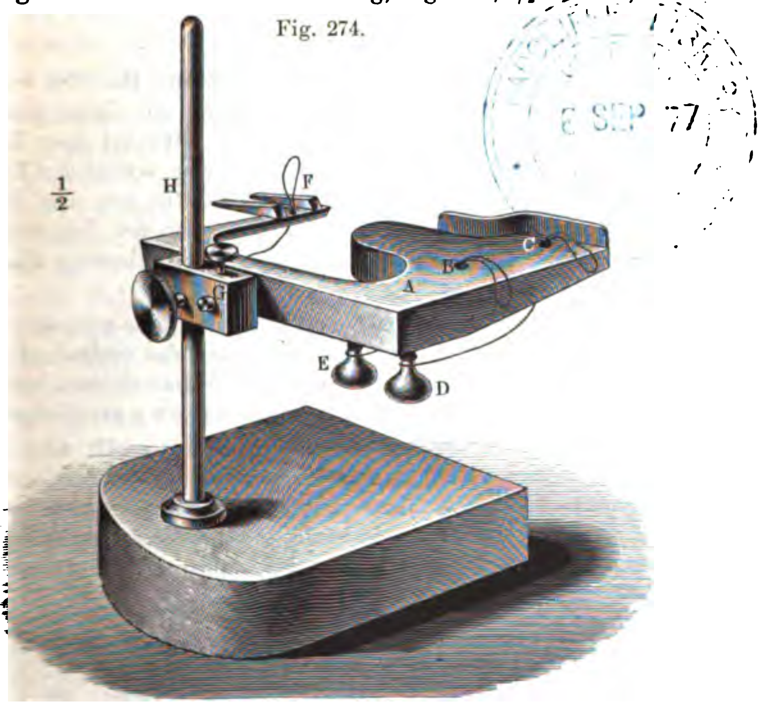
[1]) Vidal. Traité de pathologie externe et de médecine opératoire T. I, p. 166. 1851.

b. **Gewinnung des Blutes von Vögeln.** Das Blut von Vögeln gewinnt man rein dadurch, dass man die Thiere in lange schmale Leinwandtücher einwickelt, die Federn am Halse ausrupft und eine passende Kanüle in ein freigelegtes Blutgefäss in der oben angegebenen Weise einbindet.

c. **Gewinnung des Blutes von Amphibien.** Das Blut von kleineren Amphibien, wie Salamander, Tritonen etc., erhält man am reinsten aus dem Herzen. Zu dem Ende befestigt man die mit Fliesspapier gut abgetrockneten Thiere mittelst starker Stecknadeln oder kleiner Nägelchen, die man in stumpfem Winkel durch die Extremitäten steckt, in Rückenlage auf einer Korkplatte oder einem Brettchen, macht einen Schnitt längst der Medianlinie, trägt das Sternum ab, schneidet das blossgelegte Herz an und lässt das Blut in ein kleines Schälchen austropfen.

Von grösseren Thieren, wie Fröschen, kann man das Blut unschwer auch aus den Gefässen gewinnen. Man befestigt die Thiere auf die nämliche Weise wie oben angegeben, sei es auf dem Rücken, sei es auf dem Bauche, und bindet in ein Gefäss eine feine Kanüle ein. Zur Befestigung der Frösche kann man auch den von du Bois-Reymond[1]) angegebenen Froschträger benutzen. Diese Vorrichtung, Fig. 274, $^1/_2$ nat. Gr., besteht

Fig. 274.



[1]) Du Bois-Reymond. Untersuchungen über thierische Elektricität. I. I, S. 453. 1848.

aus einem hölzernen Rahmen *A* von aus der Figur erkennbarer Gestalt. In demselben sind Löcher bei *B* und *C* angebracht, durch welche Schlingen hervorragen. Diese Schlingen dienen zur Befestigung der vorderen Extremitäten und werden durch die Elfenbeinzapfen *D* und *E* angezogen. Die hinteren Extremitäten werden in der Schlinge bei *F* befestigt. Der Rahmen ist um den Stift *G* drehbar und in der Stange *H* des Statives horizontal und vertical verstellbar.

Sehr rein und reichlich gewinnt man das Blut von Fröschen auch aus der Art. cutanea magna. Man macht zu dem Ende einen Hautschnitt zwischen den Trommelfellen des Thieres, schiebt die Haut seitwärts und schneidet die unmittelbar hinter dem Trommelfell verlaufende offen daliegende Arterie an. Auf diese Weise verschaffte sich z. B. Golubew[1] das Blut von Fröschen um die Einwirkungen elektrischer Schläge auf die weissen Blutkörperchen zu studiren.

d. Gewinnung des Blutes von Fischen. Das Blut der Fische kann man direct aus dem Herzen nur sehr schwierig erhalten; man gewinnt es daher aus den Kiemen. Zu dem Behufe hebt man den Kiemendeckel auf, schiebt darunter einen Finger oder ein glattes rundes Holzklötzchen, schneidet die offen daliegenden rothen Kiemen an und lässt das Blut in ein Schälchen laufen.

e. Gewinnung des Blutes von Insecten. Das Blut von Käfern wird dadurch gewonnen, dass man dem Thiere die Beine abschneidet; zu erinnern hat man sich dabei, dass viele Käfer bei ihrer Berührung sowohl aus dem Munde als aus dem After eine bräunliche Flüssigkeit von sich geben. Damit sich diese Flüssigkeit nicht mit dem Blute vermischt, empfiehlt Landois[2] vor der Dissection des Insectes dasselbe so lange gelinde zu drücken, bis es sich in der Entleerung dieses Saftes vollständig erschöpft hat.

Das Blut von Raupen erhält man dadurch, dass man ihnen ein fa sches Bein mit einer Scheere abschneidet und den auslaufenden Saft i einem kleinen Gläschen auffängt. Auf diese Weise erhielten wir z. B. v einer 4 g schweren Raupe von Sphinx euphorbiae 0·6 g grünlichgelbes Bl

Das Blut der Locustiden, der Heuschrecken erhält man fast vo ständig, wenn man mit einer scharfen Scheere die Cuticula am Schei wegschneidet; man muss dabei achten, dass der hervorquellende gros Blutstropfen sich nicht mit dem häufig gleichzeitig entleerenden Saft d Oesophagus vermischt. Auch darf kein allzu grosser Druck auf d

---

[1]) Golubew. Ueber die Erscheinungen, welche elektrische Schläge an d sogenannten farblosen Formbestandtheilen des Blutes hervorbringen. Sitzungsb der mathem. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 57, 2. Ab S. 555. 1868.

[2]) Landois. Beobachtungen über das Blut der Insecten. Zeitschr. wissensch. Zoolog. Bd. 14, S. 66. 1864.

Körper ausgeübt werden, weil sonst Bestandtheile des Fettgewebes und der Geschlechtsdrüsen hervorgepresst werden, wie Graber[1]) hervorhebt.

f. Gewinnung des Blutes von Krebsen. Das Blut dieser Thiere verschafft man sich dadurch, dass man das erste hinter der Scheere liegende Glied in der Mitte durchschneidet, oder dadurch, dass man in der Mitte des Rückenschildes des mit destillirtem Wasser abgespülten und mit Fliesspapier getrockneten Thieres mittelst einer spitzen Scheere eine Oeffnung von etwa 1 qcm ausschneidet; das dadurch blossgelegte Herz, an seiner Pulsation leicht erkennbar, wird alsdann angeschnitten. Beim Anfertigen des Loches im Rückenschild muss man vorsichtig verfahren, denn meist strömt schon beim ersten Einstich in die Schale viel Blut aus. Das Blut der verschiedenen Krebse ist verschieden. Bischoff[2]) fand dasselbe bald bräunlich, bald röthlich. Bei den gewöhnlichen Flusskrebsen, Astacus fluviatilis, fanden wir das Blut in den Sommermonaten meist wasserklar mit einem Stich ins Röthliche versehen. Witting[3]) hat bei seinen Untersuchungen über die chemische Constitution des Krebsblutes sich das Blut durch einen Einschnitt zwischen Kopfbruststück und dem ersten Abdominalsegment verschafft; allein es ereignet sich bei dieser Gewinnungsart des Blutes sehr leicht, dass man die Leber beim Einstiche trifft. Hat dies stattgefunden, so giebt sich dies dadurch zu erkennen, dass die ausströmende Flüssigkeit gelblichbraun gefärbt ist.

g. Gewinnung des Blutes von Mollusken. In den Besitz des Blutes von Mollusken, z. B. Schnecken, gelangt man dadurch, dass man die Fühlhörner abschneidet. Das sparsam ausfliessende Blut ist stets mit Schleim gemengt. Reichlicher gewinnt man es, wenn man das Herz bei den Thieren blosslegt, bei denen es zugänglich ist. Zu dem Ende feilt man bei derartigen Thieren, z. B. Helix pomatia, der überall anzutreffenden Weinbergsschnecke, behutsam das Gehäuse gerade da an, wo das Herz liegt, und bricht von dem Gehäuse eine Fläche von einigen □mm los. Meist wird das Herz dadurch sogleich hervorgedrängt, so dass man es ganz frei vor sich hat. Sticht man nun dasselbe an, so strömt das Blut im Strahle heraus. Um möglichst viel Blut zu erhalten, legt man das Thier mit der verwundeten Stelle auf die Mündung eines Glases. Erman[4]) erhielt z. B. auf diese Weise 4·6 g Blut von einer Weinbergsschnecke, die 26·22 g wog.

---

[1]) Graber. Ueber die Blutkörperchen der Insecten. Sitzungsber. der mathem. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 64. 1. Abth. 1871.

[2]) Bischoff. Beiträge zur Lehre von dem Blute und der Transfusion desselben. Müller's Archiv Jahrg. 1835. S. 368. 1835.

[3]) Witting. Ueber das Blut einiger Crustaceen und Mollusken. Journ. für prakt. Chem. Bd. 73, S. 122. 1858.

[4]) Erman. Wahrnehmungen über das Blut einiger Mollusken. Abhandl. der königl. Akad. der Wissensch. in Berlin aus den Jahren 1816 bis 1817. 1819.

Das Blut von Muscheln, z. B. der sehr häufig anzutreffenden Teichmuschel, Anadonta cygnea, oder der Malermuschel, Unio pictorum, erhält man dadurch, dass man, nachdem das Thier gut abgespült und abgetrocknet ist, mit einer Messerklinge die Schalen vorsichtig auseinander biegt und alsdann zwischen Mantel und Muskelsubstanz in die lamellenartigen Respirationsorgane vorsichtig Einschnitte macht. Den sofort ausfliessenden klaren und wasserhellen Saft fängt man in kleinen Schälchen auf.

2. Von der Reaction des Blutes.

Da das Blut wegen seines Hämoglobingehaltes nicht direct auf seine Reaction mittelst Pflanzenpapiers untersucht werden kann, so nimmt man die Prüfung desselben nach besonderen, für diesen Zweck ersonnenen Methoden vor. Diese Methoden setzen eine sorgfältig bereitete Lackmuslösung voraus. Man bereitet eine solche am besten nach Vogel[1]) oder Heidenhain's[2]) Vorschrift. 16 g käufliches Lackmus werden fein gepulvert in einem Cylinderglase mit 120 cbcm Wasser übergossen, und 24 Stunden unter mehrmaligem Umrühren stehen gelassen. Da dieser erste Auszug das freie Alkali des Lackmuskuchens enthält, so wird er weggegossen und der Rückstand im Cylinderglase mit einer neuen Menge Wassers übergossen und abermals 24 Stunden stehen gelassen. Diesen zweiten Auszug theilt man in zwei gleiche Theile und rührt den einen Theil mit einem in verdünnte Salpetersäure oder Phosphorsäure getauchten Glasstabe um, bis die Farbe eben roth erscheint, und setzt nun von der zweiten Portion soviel zu der übersäuerten hinzu, bis die Mischung gerade wieder blau geworden. Man beurtheilt diesen Umschlag der rothen Farbe in die blaue am besten, wenn man während des allmäligen Zusatzes der alkalischen Flüssigkeit zu der sauren von Zeit zu Zeit eine Probe der Mischung in einem Reagensgläschen mit Wasser stark verdünnt.

Das mit dieser Lösung getränkte Papier ist äusserst empfindlich. Heynsius[3]) fand, dass das blaue deutlich rothe Färbung annahm, als es mit Wasser, das in 100 Thln. 0·001 g Säure enthielt, benetzt wurde. Das rothe zeigte deutlich blaue Färbung beim Eintauchen in Wasser, das in 100 Thln. 0·0024 g Kali enthielt.

Methoden zu Untersuchungen der Reaction des Blutes haben Kühne, Liebreich und Zuntz angegeben.

---

[1]) Vogel. Ueber die Darstellung eines haltbaren Lackmus-Präparats. Dingler's polyt. Journ. Bd. 166, S. 399. 1862.

[2]) Heidenhain. Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. S. 146. 1864.

[3]) Heynsius. Ueber Serumalbumin und Eieralbumin und ihre Verbindungen. Pflüger's Archiv Bd. XII, S. 555 Anmerkung. 1876.

a. **Methode von Kühne** [1]). Nach dieser Methode unterwirft man das Blut, dessen Reaction man untersuchen will, der Dialyse. Man verfährt dabei am zweckmässigsten in folgender Weise: Stückchen von in Wasser geweichtem vegetabilischem Pergamente werden mit einer Bleikugel in eine Kugelform gebracht, die noch so warm ist, dass ein Tropfen Wasser darauf gerade unter Zischen verdampft; durch mässigen Druck auf das zwischen Kugel und Form gelegte Pergamentpapier erhält man den gleich zum Gebrauche fertigen „Löffeldialysator", der nur an den Grenzen der Halbkugel abgeschnitten zu werden braucht, während der Stiel daran bleibt. Beim Gebrauche bringt man einen Tropfen des zu untersuchenden Blutes in den Löffel und einen Tropfen destillirten Wassers in ein flaches Uhrschälchen, setzt den Löffel in den Wassertropfen und bedeckt das Ganze mit einem zweiten Uhrschälchen. Nach einiger Zeit prüft man den Wassertropfen auf die gewöhnliche Weise mit Lackmus. Stets wird frisches Blut alkalisch gefunden werden. Anders verhält sich das eingetrocknete und wieder in Wasser gelöste Blut, dasselbe reagirt in den meisten Fällen sauer.

b. **Methode von Liebreich** [2]). Bei diesem Verfahren wird das Blut, dessen Reaction untersucht werden soll, auf poröse Körper, wie Gyps- oder Thonplatten, gebracht, die mit rother oder blauer Lackmuslösung getränkt sind. Derartige Reagensplättchen stellt man sich dadurch her, dass man alkalifreien Alabastergyps mit Wasser mengt und in dünner Schicht auf Glastafeln aufstreicht. Ist der Gyps erhärtet, so trägt man auf die glatte Fläche Lackmus mittelst eines reinen Pinsels auf. In gleicher Weise imprägnirt man die porösen Thonplatten, die säure- und alkalifrei sein müssen.

Bringt man auf ein rothes Reagensplättchen einen Tropfen Blut, so bleiben die Blutkörperchen auf demselben zurück, während die Flüssigkeit von der Platte aufgesogen wird. Spült man hierauf die Blutkörperchen mittelst eines kräftigen Wasserstrahles weg, so sieht man einen scharf begrenzten blauen Fleck auf rothem Grunde. Der Fleck verschwindet von der Platte nicht, selbst wenn man das Plättchen längere Zeit in Wasser liegen lässt. Ist die Oberfläche der Platte nicht ganz rein, so kann man mit einem Messer diese Stelle abschaben und behält dennoch den Reactionsfleck, da dieser tief in die Platte hinein imbibirt ist.

Die Reagensplättchen müssen vor Gasen geschützt aufbewahrt werden, da diese von den Platten condensirt zurückbehalten werden. Setzt man z. B. ein rothes trockenes Reagensplättchen Ammoniakdämpfen aus, so zeigt sich mit Wasser befeuchtet sofort ein blauer Fleck.

---

[1]) W. Kühne. Ein einfaches Verfahren, die Reaction hämoglobinhaltiger Flüssigkeiten zu prüfen. Virchow's Archiv Bd. 33, S. 95. 1865.

[2]) Liebreich. Eine Methode zur Prüfung der Reaction thierischer Gewebe. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. Jahrgang I, S. 48. 1868.

c. **Methode von Zuntz**[1]). Dieser Forscher empfiehlt auf feines Seidenpapier, das mit Lackmus und einer starken Lösung von Kochsalz oder Natriumsulphat getränkt ist, einen Tropfen des auf seine Reaction zu prüfenden Blutes zu bringen und nach einigen Sekunden das Blut mit Fliesspapier wieder wegzuwischen. Die Entfernung des Blutfarbstoffes wird wesentlich erleichtert, wenn man, wie Schulte[2]) es macht, oberhalb des Bluttropfens noch einen Tropfen von Kochsalzlösung auf das Papier bringt; der Tropfen spült dann im Herabfliessen die Hauptmasse des Blutes gleich mit fort. Das Reagenspapier, das man zu diesen Versuchen benutzt, muss vollkommen glatt und nicht zu intensiv gefärbt sein. Die Salzlösungen, welche dem Lackmus zugesetzt werden, müssen vorher auf ihre Reaction geprüft und absolut neutral reagirend sich erweisen.

Mit Hülfe dieser Methode versuchte Zuntz die Alkalescenz des Blutes durch Titriren mit Phosphorsäure zu bestimmen. Die Säure war so verdünnt, dass 1 cbcm 5 mg Natriumcarbonat entsprach. Als Endreaction wurde das erste vorübergehende Auftreten der rothen Farbe auf blauem Papier benutzt, da diese Probe empfindlicher als das Verschwinden der blauen Farbe auf rothem Papier gefunden wurde.

Um eine Anschauung zu geben, wie viel cbcm der verdünnten Phosphorsäure verbraucht wurden bis die Endreaction eintrat, führen wir einige Werthe an, die Zuntz für Serum und Cruor erhielt. Es erforderten bis zur Neutralisation

100 cbcm	Serum	vom	Pferde	27·7	cbcm	der	verdünnten	Phosphorsäure
100 „	Cruor	„	„	46·4	„	„	„	„
100 „	Serum	„	Hunde	17·75	„	„	„	„
100 „	Cruor	„	„	43·75	„	„	„	„
100 „	Serum	„	Kalbe	38·0	„	„	„	„
100 „	Cruor	„	„	64·0	„	„	„	„

Wenn man derartige Reactionen anstellt, so wolle man der von Zuntz ermittelten Thatsache eingedenk sein, dass die Alkalescenz des Blutes nach der Entfernung aus der Ader rasch abnimmt. Blut z. B. das 5 Minuten bei Körpertemperatur gestanden hatte, erforderte bis zur Neutralisation 31 cbcm der verdünnten Phosphorsäure, während unmittelbar aus der Ader untersucht 40 cbcm dazu nöthig waren.

Lassar[3]) empfiehlt statt mit Phosphorsäure mit Weinsäure zu titriren. Die Anwendung der Weinsäure hat vor der der Phosphorsäure den Vorzug, dass der Umschlag von Blau in Roth plötzlich, nicht wie bei der Phosphorsäure allmälig erfolgt. Denn wenn man eine alkalische

---

[1]) Zuntz. Beiträge zur Physiologie des Blutes, S. 13. 1868.

[2]) Schulte. Ueber den Einfluss des Chinin auf einen Oxydationsprocess im Blute S. 9. 1871.

[3]) Lassar. Zur Alkalescenz des Blutes. Pflüger's Archiv Bd. IX, S. 45. 1874.

Flüssigkeit nach Zusatz von Lackmus mit Phosphorsäure zu titriren versucht, so zeigt es sich, dass die Flüssigkeit bei einem bestimmten Säurezusatz violett wird und diese Nüançe bei weiterem Zusatz allmälig in Roth übergeht. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, dass, wie Heintz[1]) beobachtete, Gemische von Dinatriumphosphat und Monokaliumphosphat Lackmus violett färben. Die Weinsäure, die Lassar benutzte, war so titrirt, dass 1 cbcm durch 3·1 mg Natron oder 4·711 mg Kali neutralisirt wurde. Ein Liter enthielt 7·5 g krystallisirte Weinsäure.

3. Von dem specifischen Gewichte des Blutes.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes des Blutes geschieht mittelst des Pyknometers. Wie man dabei verfährt, haben wir S. 62 angegeben. Das Blut, das man zur Bestimmung des specifischen Gewichtes benutzt, muss vorher unter Vermeidung der Wasserverdunstung defibrinirt worden sein. Man nimmt deshalb das Defibriniren des Blutes in einem Bechergläschen vor, in das man das Blut direct aus der Ader strömen lässt, zieht über dasselbe schnell eine Kautschukkappe, in welche der Stiel eines kleinen Spatels von Fischbein oder Hartkautschuk eingebunden ist, und schlägt das Blut, Fig. 275, $^1/_3$ nat. Gr. Der Apparat wurde von Hoppe[2]) angegeben.

Fig. 275.



Nach Becquerel und Rodier[3]) schwankt das specifische Gewicht des menschlichen Blutes beim Manne, in 11 Bestimmungen, zwischen 1·058 und 1·062, beim Weibe, in 8 Bestimmungen, zwischen 1·054 und 1·060. Quincke[4]) fand das specifische Gewicht des menschlichen Blutes bei drei Frauen = 1·058, 1·0606 und 1·0608.

[1]) Heintz. Ueber die Ursache der Coagulation des Milchcasein durch Lab und die sogenannte amphotere Reaction. Journ. f. prakt. Chem. N. F. Bd. 6, S. 377. 1873.

[2]) Hoppe. Zur Blutanalyse. Virchow's Archiv Bd. 12, S. 485. 1857.

[3]) Becquerel und Rodier. Untersuchungen über die Zusammensetzung des Blutes im gesunden und kranken Zustande. Deutsch von Eisenmann. S. 22 und 27. 1845.

[4]) Quincke. Ueber den Hämoglobingehalt des Blutes in Krankheiten. Virchow's Archiv Bd. 54, S. 541. 1872.

Das specifische Gewicht des Hundeblutes ist nach Pflüger[1] im Mittel aus einer grossen Zahl von Bestimmungen 1·060. Die Grenzwerthe waren 1·048 und 1·068; nach Nasse[2] im Mittel aus 12 Bestimmungen 1·059 bei 15° R. Das specifische Gewicht des Kaninchenblutes fanden wir[3] im Mittel von drei Bestimmungen zu 1·049, die Grenzwerthe waren 1·046 und 1·052.

Das specifische Gewicht des Blutes sinkt nach Blutverlusten. Der Grad des Absinkens richtet sich nach der Menge des verlorenen Blutes und der Grösse des Thieres. Grössere Hunde von circa 20 bis 35 Kilo Körpergewicht können nach Pflüger[4] einen Aderlass von 300 cbcm Blut ertragen, ohne dass das specifische Gewicht sich mehr als um eine Einheit in der dritten Decimale ändert.

Das specifische Gewicht des Blutes steigt bei künstlichen Durchblutungen abgegrenzter thierischer Theile. Wir[5] fanden z. B. bei Gelegenheit der künstlichen Durchblutung einer Hundeleber das specifische Gewicht des Blutes nach jeder Durchströmung steigen, z. B.:

Specifisches Gewicht	vor der Durchblutung	1·0679
„ „	nach einmaliger Durchblutung	1·0705
„ „	„ zweimaliger „	1·0726
„ „	„ dreimaliger „	1·0729
„ „	„ viermaliger „	1·0738
„ „	„ fünfmaliger „	1·0767
„ „	„ sechsmaliger „	1·0778

4. Von dem Geruche des Blutes.

Es ist bekannt, dass das Blut der verschiedenen Thiere einen eigenthümlichen Geruch besitzt. So riecht z. B. das Rinderblut nach Moschus; ebenso hat das Blut der Raupen vieler Insecten einen eigenthümlichen Geruch, der nicht von der Nahrung, die die Thiere zu sich genommen haben, stammt; bekannt ist der unangenehme Geruch der Raupe des Weidenbohrers, Cossus ligniperda. Nach den Beobachtungen von Bar

---

[1]) Pflüger. Ueber die Ursache der Athembewegungen, sowie der Dysp. und Apnö. Pflüger's Archiv Bd. I, S. 75. 1868.

[2]) Nasse. Hämatologische Mittheilungen. Arch. d. Vereins f. gemeinsch. Arb. Bd. I, S. 341. 1853.

[3]) Gscheidlen. Studien über die Blutmenge und ihre Vertheilung im Thierkörper. Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Würzburg Bd. II, S. 151. 1868.

[4]) Pflüger. Ueber die Ursache der Athembewegungen, sowie der Dysp. und Apnö. Pflüger's Archiv Bd. I, S. 71. 1868.

[5]) Gscheidlen. Studien über den Ursprung des Harnstoffes S. 18. 187

ruel[1]) und denen von Worms[2]) wird der Geruch intensiver durch Zusatz von Schwefelsäure, indem wie Matteucci[3]) wahrscheinlich gemacht hat, eine flüchtige Fettsäure, die den eigenthümlichen Geruch des Blutes bedingt und die im Blute an Alkali gebunden ist, abgeschieden wird. Dieser Geruch haftet auch dem bei niederer Temperatur getrockneten Blute an.

Will man sich von dem verschiedenen Geruche des Blutes verschiedener Thiere überzeugen, so ist vor allem nothwendig, dass man das Blut direct aus der Ader in ganz reinen Gefässen auffängt und alsdann mit dem dritten Theil oder der Hälfte seines Volumens concentrirter Schwefelsäure versetzt. Rührt man das Gemenge mit einem Glasstab um, so nimmt man deutlich den dem Blute eigenthümlichen Geruch wahr. Zur Anstellung derartiger Versuche empfehlen wir Rinderblut, Hammelblut, Hundeblut und Fischblut.

5. Von der Gerinnung des Blutes.

Die Versuche, zu deren Anstellung wir hier eine Anleitung geben, zerfallen in solche, welche die Erscheinungen, die die Gerinnung begleiten, zum Gegenstande haben, und in solche, die man ersonnen, um die Einflüsse zu ermitteln, welche den Gerinnungsprocess beschleunigen, verlangsamen oder ganz aufheben.

a. Der Vorgang der Gerinnung. Wenn das Blut der Thiere aus der Ader gelassen ist, so erstarrt es entweder im Laufe von 2 bis 15 Minuten zu einer gallertigen Masse, die sich im Laufe von 12 bis 15 Stunden in eine zähe Masse, den Blutkuchen, und eine Flüssigkeit, das Serum, scheidet, oder das Blut bleibt zwar flüssig, aber in ihm treten vereinzelte Fibrinflöckchen auf. Ersteres ist der Fall, so weit untersucht, beim Blute sämmtlicher Wirbelthiere und vieler Wirbellosen, z. B. den Krebsen, letzteres beim Blute der Insecten, Mollusken etc.

Der Vorgang der Gerinnung lässt sich auch unter dem Mikroskope verfolgen; derselbe ist mit einer Wärmeentwickelung verbunden.

α. Gerinnung des Blutes mit Bildung von Blutkuchen und Serum. Man bindet in eine Arterie eines Thieres eine Kanüle ein und lässt etwa 50 cbcm Blut in ein Bechergläschen laufen. Wenn man das Bechergläschen ruhig stehen lässt, so bemerkt man zuerst die Bildung eines zarten Häutchens auf der Oberfläche, welches sich rasch verdickt;

---

[1]) Barruel. Mémoire sur l'existence d'un principe propre a caractériser le sang de l'homme et celui des diverses espèces d'animaux. Annal. d'hygiène publique et médecine légale T. I, p. 267. 1829.

[2]) Worms. Ueber das Hämatosmazom oder den Riechstoff des Blutes. S. 17. 1831.

[3]) Matteucci. Sur l'odeur développée par l'action de l'acide sulfurique sur le sang. Annal. de chim. et de phys. T. 52, p. 137. 1833.

in 5 bis 15 Minuten ist die ganze Blutmasse erstarrt. Nach einiger Zeit sieht man gelbliche Tropfen aus der rothen Masse austreten. Nach 12 bis 15 Stunden ist die cohärente Masse in Serum und Blutkuchen, der eine verjüngte Form des Sammelgefässes darstellt, geschieden.

Lässt man das Blut in einzelnen Tröpfchen aus der Ader treten, so kommt es nicht zur Bildung eines Blutkuchens, da jeder Tropfen alsbald für sich gerinnt.

Fängt man das Blut in erkälteten Gefässen auf und lässt ruhig stehen, so senken sich unter Umständen die Blutkörperchen. Bei eintretender Gerinnung bemerkt man alsdann, dass auf dem rothen Blutkuchen eine farblose obere Schicht aufsitzt. Diese Schicht besteht aus dem Faserstoff und eingeschlossenen weissen Blutkörperchen. Man nennt sie Speckhaut oder Crusta inflammatoria, weil sie im Aderlassblute an entzündlichen Krankheiten leidender Personen zuerst beobachtet wurde. Im Pferdeblut verläuft der Gerinnungsprocess regelmässig unter Bildung einer Speckhaut.

β. Gerinnung des Blutes ohne Bildung eines Blutkuchens. Um diese Gerinnungsform zu beobachten, verschafft man sich das Blut von Fluss- oder Teichmuscheln auf die S. 324 angegebene Art. In der homogenen schwach opalisirenden Flüssigkeit sieht man, wenn die Gerinnung eintritt, kleine, gelbliche Flöckchen sich bilden, die in der Flüssigkeit zerstreut wie kleine Inselchen sich ausnehmen. Dies ist geronnener Faserstoff, der sich unter dem Mikroskope als eine blasse, feinkörnige Masse zeigt. Den Vorgang der Gerinnung bei diesen Thieren hat Wagner[1]) beschrieben.

γ. Gerinnung des Blutes unter dem Mikroskope. Man bringt einen Blutstropfen sofort nachdem er aus dem Thiere erhalten ist, auf die untere Seite des Deckgläschens einer feuchten Kammer. Häufig sieht man dann namentlich beim Blute von Wirbelthieren das Fibrin in Form eines zarten Netzwerkes sich ausscheiden, auch bemerkt man, wie das die Blutkörperchen einschliessende Gerinnsel sich allmälig contrahirt und eine an Breite zunehmende Zone von klarem Serum auftritt. Im Blute wirbelloser Thiere z. B. von Insecten scheidet sich das Fibrin sehr langsam aus. Die eintretende Gerinnung giebt sich, wie Landois[2]) beobachtete, dadurch zu erkennen, dass die Blutkörperchen allmälig wie in einem Netze zusammengezogen werden.

δ. Der Vorgang der Gerinnung ist mit einer Wärmeentwickelung verbunden, wie Schiffer[3]) ermittelte. Schiffer be-

---

1) Wagner. Beiträge zur vergleichenden Physiologie. Heft II, S. 40. 1838.

2) Landois. Beobachtungen über das Blut der Insecten. Zeitschr. für wissensch. Zoolog. Bd. 14, S. 66. 1864.

3) Schiffer. Ueber die Wärmebildung erstarrender Muskeln. Arch. für Anatom. Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1868. S. 457. 1868.

nutzte, um dies zu constatiren, Pferdeblut, welches langsam gerinnt. Einem Pferde wurde ein Aderlass gemacht und das ausströmende Blut in zwei Portionen aufgefangen, die eine in einem Becherglase, die andere in einer Flasche, die durch gute Umhüllung mit Watte vor Abkühlung möglichst geschützt war. Durch den durchbohrten Kork der Flasche wurde ein in $^1/_{10}{}^0$ C. getheiltes Thermometer so eingesteckt, dass sein Quecksilberbehälter in dem Blut untertauchte. Da die Abkühlung des Blutes in der Flasche nur sehr langsam erfolgen konnte, so musste, wenn bei der Gerinnung eine merkliche Wärmeentwickelung stattfand, sich dies in dem Gange der Abkühlung zu erkennen geben. Die Zeit der Gerinnung konnte an dem im Becherglase befindlichen Blute bestimmt werden. Die Temperatur wurde alle halbe Minuten abgelesen. Nachstehende Tabelle enthält die Beobachtungen Schiffer's.

Ablesungszeit in Minuten	Temperatur des Blutes in der Flasche	Grösse der Abkühlung	Mittel in der Minute	
2	34° C.			
4	33·8			
6	33·2	0·6	0·3	
8	32·4	0·8	0·4	
10	32·13	0·3	0·13	Das Blut in dem Becherglase fängt an zu gerinnen.
12	32·0	0·1	0·06	
14	32·0	0·0	0·0	
16	31·88	0·12	0·06	
18	31·73	0·15	0·07	
20	31·51	0·22	0·11	
22	31·26	0·25	0·12	
24	31·0	0·26	0·13	

b. **Die äusseren Einwirkungen auf die Blutgerinnung** geben sich dadurch zu erkennen, dass sie dieselbe entweder beschleunigen oder verlangsamen oder ganz aufheben. Derartige Effecte zeigen höhere oder niedrige Temperaturen, verschiedene Agentien und die lebende Gefässwand. An die Anleitung derartige Versuche anzustellen, reihen wir den Versuch Brücke's, durch den der lange geführte Streit, ob die Luft die Ursache der Gerinnung sei oder nicht, endgültig entschieden wurde. Um die nachfolgenden Versuche anzustellen, nehme man einen Hund, in dessen Carotis man eine Kanüle einbinde.

α. Einfluss der Temperatur. Man lasse in drei gleiche Bechergläschen, von denen eines in Eis steht, ein anderes auf einem Wasserbad auf 40 bis 45° C. erhalten ist, und ein drittes, das Zimmertemperatur besitzt, je 10 cbcm Blut laufen. Man wird alsdann beobachten, dass das Blut in dem Bechergläschen bei 40 bis 45° früher gerinnt als in dem, das bei gewöhnlicher Temperatur steht und dieses früher als das auf 0° erkältet ist. Dass die

Gerinnung durch Temperaturen von 45 bis 50° C. beschleunigt, durch niedere Temperaturen verlangsamt wird, war Hewson [1]) schon bekannt.

β. Einfluss chemischer Agentien. Man lasse in drei Bechergläschen, von denen das erste 10 cbcm einer concentrirten Lösung von Natriumcarbonat, das zweite 10 cbcm einer concentrirten Lösung von Magnesiumsulphat, das dritte 10 cbcm einer 1 proc. Essigsäure enthält, je 10 cbcm Blut einströmen, wobei man die Mischung umschüttelt. Man wird alsdann beobachten, dass das Blut in allen auch nach Stunden nicht gerinnt. Zur Controle über die Zeit des Eintrittes der Gerinnung fange man 10 cbcm Blut gleichfalls in einem Bechergläschen auf. Die Vorgänge oder Aufhebung der Gerinnung durch oben genannte chemische Agentien ermittelte gleichfalls bereits Hewson [2]).

γ. Einfluss der lebenden Gefässwand. Man lege die andere Carotis des zu den bisherigen Versuchen verwandten Thieres möglichst weit frei und binde dieselbe an zwei möglichst weit auseinander liegenden Stellen peripherisch und central, ersteres zuerst, durch je zwei getrennte Ligaturen ab und ziehe Muskeln und Haut über die abgebundene Strecke. Hierauf fülle man ein Glasröhrchen, das das nämliche Lumen wie die Carotis hat, mit Blut aus der anderen Carotis an. Das Blut in der Glasröhre wird bald geronnen sein, während das in der Carotis weilende noch nach geraumer Zeit beim Anschneiden flüssig angetroffen werden wird. Hoppe-Seyler [3]) fand z. B. derartig abgebundenes Blut noch nach zwei Stunden flüssig. Den verzögernden Einfluss der Gefässwand auf die Blutgerinnung lehrte zuerst Thackrah [4]) kennen, Brücke [5]) untersuchte denselben des Näheren.

δ. Unabhängigkeit der Gerinnung von dem Einflusse der Luft. Um diese zu zeigen, füllt man eine Eudiometerröhre mit Quecksilber an, kehrt dieselbe unter Quecksilber um und lässt Blut direct aus der Ader durch eine Glasröhre mit Gummischlauch in die Eudiometerröhre unter Quecksilber aufsteigen. Das Blut gerinnt in kürzester Zeit. Durch diesen von Brücke [6]) angegebenen Versuch wird gezeigt, dass die Gerinnung unabhängig von dem Einfluss der atmosphärischen Luft vor sich geht.

---

[1]) Hewson. An experimental inquiry into the properties of the blood p. 83. 1771.

[2]) Hewson. An experimental inquiry into the properties of the blood p. 12. 1771.

[3]) Hoppe-Seyler. Beiträge zur Kenntniss der Constitution des Blutes. Dessen Medicinisch-chemische Untersuchungen S. 136. 1866 bis 1871.

[4]) Thackrah. An inquiry into the nature and proporties of the blood as existent in health and disease p. 66. 1819.

[5]) Brücke. Ueber die Ursache der Gerinnung des Blutes. Virchow's Arch. Bd. 12, S. 92. 1857.

[6]) Brücke. Ueber die Ursache der Gerinnung des Blutes. Virchow's Arch. Bd. 12, S. 88. 1857.

6. Von der Blutmenge.

Von den verschiedenen Arten die Blutmenge von Thieren zu bestimmen, beschreiben wir das Verfahren von Valentin, die von Heidenhain und uns verbesserte Methode Welcker's und die von Preyer angegebene und von Steinberg modificirte Methode. Das Welcker'sche Verfahren eignet sich auch zur Bestimmung der Blutmengen in einzelnen Organen. Wenn auch die von Valentin ersonnene Methode der Blutbestimmung zur Bestimmung der absoluten Blutmenge untauglich ist, so liegt ihr doch ein Princip zu Grunde, das bei passender Gelegenheit sich wohl mit Erfolg noch anwenden lassen wird.

a. Methode von Valentin[1]. Das von Valentin eingeschlagene Verfahren bildet den ersten exacten Versuch, die Blutmenge eines Thieres zu bestimmen. Valentin entzog einem Thiere eine bestimmte Menge Blut und bestimmte dessen Procentgehalt an festen Stoffen. Hierauf spritzte er eine gewogene Menge destillirten Wassers in das Gefässsystem des Thieres ein, nahm bald darauf einen zweiten Aderlass vor und bestimmte darin wiederum den Gehalt an festen Stoffen. Aus dem Verhältniss an festen Stoffen der beiden entzogenen Blutportionen wurde nun die Blutmenge, die in den Gefässen zurückgeblieben, und durch Addition des zuerst entzogenen Blutes die gesammte Blutmenge berechnet.

Gesetzt die gesammte Blutmenge des Körpers sei $= x$, das zuerst abgezapfte Blut $= a$, die Gesammtmenge des Blutes nach dem ersten Aderlasse $= y = x - a$, der procentige feste Rückstand des Blutes des ersten Aderlasses $= b$, die Menge des injicirten Wassers $= c$ und der procentige feste Rückstand des zweiten nach der Wasserinjection vorgenommenen Aderlasses $= d$, so verhält sich

$$100 : b = y : \frac{by}{100} \text{ und}$$

$$100 : d = (y + c) : \frac{(y + c)\, d}{100}$$

$$\frac{by}{100} = \frac{(y + c)\, d}{100} \text{ und daher}$$

$$y = \frac{cd}{b - d}. \text{ Es ist aber}$$

$$y = x - a \text{ und folglich}$$

$$x = \frac{cd}{b - d} + a.$$

---

[1] Valentin. Versuche über die in dem thierischen Körper enthaltene Blutmenge. Repertor. für Anatom. und Physiol. Bd. III, S. 281. 1838.

Ein Beispiel möge das Verfahren illustriren. Bei der Blutbestimmung eines grossen männlichen Hundes von 24·158 Kilo wurden folgende Werthe erhalten:

Erster Aderlass aus der V. jugular. extern. sinistr.

71·41 g dieses Blutes enthielten 17·52 feste Stoffe
100 „ „ „ „ 24·54 „ „

Die eingespritzte Wassermenge betrug 654·3 g.

Zweiter Aderlass aus der Ven. jug. extern. dextr.

68·34 g dieses Blutes enthielten 14·94 feste Stoffe
100 „ „ „ „ 21·86 „ „

Blut aus der Ven. jug. extern. sin.:

76·44 g dieses Blutes enthielten 16·73 feste Stoffe
100 „ „ „ „ 21·89 „ „

Also $a = 71{\cdot}4$; $b = 24{\cdot}34$; $c = 654{\cdot}3$; $d = 21{\cdot}87$ (Mittel); daher

$$y = \frac{654{\cdot}3 + 21{\cdot}87}{24{\cdot}54 - 21{\cdot}87}$$
$$= 5359{\cdot}3$$
$$x = 5359{\cdot}3 + 71{\cdot}4$$
$$= 5430{\cdot}7$$

Die Blutmenge dieses Thieres ist daher 5430·7 g, das Verhältniss derselben zum Körpergewicht = 1 : 4·44.

Veit hat die Methode Valentin's kritisch untersucht. Wenn auch dieser Forscher das Verfahren Valentin's nicht als unbrauchbar erklärt, so ergiebt sich doch aus den von ihm ermittelten Zahlen deren Unbrauchbarkeit. Veit [1]) fand z. B. bei einem Hunde von 21380 g, in dessen erstem Aderlasse sich in 100 Thln. 19·473 feste Bestandtheile fanden, nach Injection von 50·784 g Wasser in einem zweiten Aderlasse, der 5 Minuten nach der Injection gemacht war, 20·008 g in 100 Thln. Ein geringer Uebertritt von Wasser aus dem Blute in die Gewebe ist von bedeutendem Einflusse, da in einem solchen Falle die Berechnung mehr Blut ergeben kann, als das ganze Thier wiegt. Veit fand z. B. das absurde Factum, dass ein Hund, der 12700 g wog, nach obiger Methode eine Blutmenge von 13026 g hätte haben müssen.

b. Methode von Welcker [2]). Diese Methode besteht darin, dass man zuerst dem auf seine Blutmenge zu untersuchenden Thiere eine ge-

---

[1]) Veit. Observationum de sanguinis quantitate nuperrime institutarum recensio p. 20. 1848.

[2]) Welcker. Blutkörperchenzählung und farbeprüfende Methode. Vierteljahrschrift für die prakt. Heilk. herausg. von der medicin. Facultät in Prag XI. Jahrg. Bd. IV, S. 63. 1854. Derselbe. Bestimmungen der Menge des Körperblutes und der Blutfärbekraft, sowie Bestimmungen von Zahl, Maass, Oberfläche und Volumen des einzelnen Blutkörperchens bei Thieren und bei Menschen. Zeitschr. für ration. Medicin. III. R. Bd. 4, S. 147. 1858.

ringe Menge Blutes entzieht und dasselbe mit einer bestimmten Menge Wasser vermischt. Hierauf verschafft man sich durch Ausspritzen der Gefässe und Auslaugen der zerkleinerten Gewebe in Wasser das gesammte übrige Blut und bestimmt das Volumen des hierbei verwandten Wassers. Alsdann vergleicht man abgemessene Mengen beider Blutmischungen in Hämatinometern, die wir S. 156 beschrieben haben, und lässt in die dunklere Mischung so lange Wasser unter Umrühren aus einer Bürette einfliessen, bis die Farbe beider im durchfallenden Lichte gleich erscheint. Aus dem Gesammtvolumen des Waschwassers und der Menge des zur Verdünnung der Blutprobe angewandten Wassers berechnet man nun das Blut in jenem und durch Addition des zuerst entnommenen Blutes die gesammte Blutmenge des Thieres.

Mittelst dieser Methode haben Welcker, Heidenhain[1]), Panum[2]), Spiegelberg[3]) und wir[4]) eine Reihe von Bestimmungen der Blutmenge grösserer und kleinerer Thiere vorgenommen. Um die Zersetzungen des Blutfarbstoffes in den verschiedenen Blutlösungen hintanzuhalten, vergifteten wir die Thiere mit Kohlenoxydgas oder leiteten hernach in die Blutlösungen Kohlenoxyd ein; es entsteht dadurch Kohlenoxydhämoglobin, welches der Fäulniss längere Zeit widersteht.

α. Gewinnung des Probeblutes. Obwohl Heidenhain ermittelte, dass das venöse Blut durchschnittlich stärker färbt als das arterielle, so thut man doch wohl am besten, man entnimmt das Probeblut aus der Carotis des lebenden Thieres, da sich dieses Verfahren bei den meisten Versuchen am gleichmässigsten durchführen lässt. Man legt zu dem Behufe die Carotis des Thieres frei, bindet eine Kanüle ein, lässt das Blut in ein tarirtes Fläschchen, das Glasstücke zum Defribriniren enthält, einströmen, bringt durch Schütteln den Faserstoff zur Ausscheidung und wiegt es. 1 bis 2 cbcm dieses Blutes werden zu einem Volumen von 100 cbcm verdünnt und in dasselbe Kohlenoxyd eingeleitet.

β. Das Auswaschen des Thieres. Nachdem das Probeblut entnommen ist, bindet man in die Carotis eine ⊤förmige Kanüle ein. Bei kleineren Thieren, wie Meerschweinchen, Ratten etc., ist die Einführung einer ⊤förmigen Kanüle in den meisten Fällen nicht auszuführen. Man verwendet in solchem Falle einfache feine Glasröhren, die zweckmässig

---

[1]) Heidenhain. Disquisitiones criticae et experimentales de sanguinis quantitate in mammalium corpore exstantis. p. 20. 1857. Derselbe. Zur Physiologie des Blutes. Arch. für physiol. Heilkunde. N. F. Bd. I, S. 525. 1857.

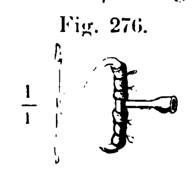
[2]) Panum. Experimentelle Untersuchungen über die Veränderungen der Mengenverhältnisse des Blutes und seiner Bestandtheile durch die Inanition. Virchow's Arch. Bd. 29, S. 286. 1864.

[3]) Spiegelberg und Gscheidlen. Untersuchungen über die Blutmenge trächtiger Hunde. Arch. für Gynäcolog. Bd. IV, S. 116. 1872.

[4]) Gscheidlen. Studien über die Blutmenge. Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Würzburg. Bd. II, S. 153. 1869. Derselbe. Bemerkungen zu der Welcker'schen Methode der Blutbestimmung und der Blutmenge einiger Säugethiere. Pflüger's Arch. Bd. VII, S. 544. 1873.

doppelt knieförmig gebogen sind. Die eine wird in das peripherische Ende der Carotis eingebunden, die andere in das centrale und beide durch ein ⊤förmiges Rohr mit einander verbunden, Fig. 276, nat. Gr.

Fig. 276.



Hierauf öffnet man die beiden Jugularvenen am Halse und die untere Hohlvene und setzt durch einen Kautschukschlauch das ⊤förmige Rohr mit einem grösseren Glasgefässe in Verbindung, das mit Kochsalzlösung von 0·5 oder 0·6 Proc. gefüllt ist. Das Glasgefäss kann an einer Rolle, die an der Wand des Laboratoriums befestigt ist, in die Höhe gezogen werden. Anfangs lässt man die Kochsalzlösung unter schwachem Drucke durch den Körper fliessen, allmälig aber verstärkt man denselben durch Heben des Glasgefässes. Man setzt dies so lange fort, bis die Flüssigkeit vollständig farblos aus den Venen abläuft. Die Menge, die dazu nöthig ist, richtet sich nach der Grösse des Thieres. Bei Kaninchen von z. B. 1200 bis 1600 g sind 2 bis 3 l erforderlich. Damit bei der Verbindung der in die Carotis eingefügten Kanülen und dem Glasgefässe keine Luft eingeschlossen wird, welche durch die nachströmende Flüssigkeit in das Gefässsystem des Thieres eingetrieben würde, müssen die Kanülen vorher mit Wasser oder Salzlösung gefüllt sein. Hat man grössere Thiere auszuspritzen, so thut man gut, noch eine ⊤förmige Kanüle in die absteigende Aorta einzubinden, welche mit dem grösseren Glasgefässe gleichfalls in Verbindung gesetzt wird.

Fliesst die Salzlösung farblos aus den Venen, so unterbricht man die Durchströmung, nimmt den Darmcanal heraus, zerhackt die einzelnen Organe, übergiesst sie mit Wasser und presst sie nach 24stündigem Stehen aus. Diese Extracte werden filtrirt und entweder zu der übrigen Waschflüssigkeit gegossen oder zur Bestimmung ihres Blutgehaltes bei Seite gestellt.

γ. Die Bestimmung des in den Waschwassern enthaltenen Blutes geschieht in der Weise, dass man 1 cbcm des zuerst abgelassenen defibrinirten Blutes zu einem Volumen von 10 cbcm durch Zusatz von destillirtem Wasser verdünnt; von diesem bringt man 1 bis 2 cbcm in ein Hämatinometer und lässt so lange Wasser aus einer Bürette unter stetem Umrühren zufliessen, bis die Farbe die nämliche ist, wie die der Waschflüssigkeit, welche sich in einem anderen Hämatinometer befindet. Haben die zu vergleichenden Blutlösungen nicht gleichen Farbenton, so ist, wenn das Thier mit Kohlenoxyd vergiftet war, noch weiter Kohlenoxyd einzuleiten. Aus der Menge des zugefügten Wassers zu der ersten Blutlösung und dem gemessenen Volumen der Waschflüssigkeit berechnet man den Blutgehalt derselben. Hat man z. B. zu 2 cbcm des bereits zehnfach verdünnten Blutes 8 cbcm Wasser setzen müssen, bis Farbengleichheit eintrat, so enthalten diese 10 cbcm 0·2 Blut; beträgt das Volumen der Waschflüssigkeit 2500 cbcm, so sind in derselben 50 cbcm Blut enthalten.

Ebenso verfährt man mit den Extracten der verschiedenen Organe und Gewebe. Hat man vor dem Zerkleinern derselben die Muskeln gesondert und mit Wasser für sich behandelt, so kann man nach dem Vorgange Kühne's[1]) das Extract als gelösten Muskelfarbstoff betrachten und gesondert bestimmen.

Die erhaltenen Blutvolumina werden durch Multiplication mit dem jeweiligen specifischen Gewichte in Gramme umgerechnet.

δ. Berechnung der Blutmenge. Bei der Berechnung der gefundenen Blutmenge auf das Körpergewicht ist der Inhalt des Magens und des Darmcanals in Abzug zu bringen. Durch Abzug des Gewichtes desselben von dem Körpergewichte, dem „Rohgewichte", erhält man das „Reingewicht". Beide Ausdrücke wurden von Welcker eingeführt.

Der Darminhalt schwankt naturgemäss innerhalb weiter Grenzen. Spiegelberg und wir fanden denselben bei weiblichen Hunden von 3270 bis 7340 g Körpergewicht zwischen 43 und 170 g schwanken; im Mittel aus 16 Versuchen = 93 g = $^1/_{59}$ des Rohgewichtes. Bei Kaninchen von 1262 bis 1739 Körpergewicht ermittelten wir den Darminhalt zwischen 107 und 236 g, im Mittel aus zehn Bestimmungen = 170 g = [illegible] des Rohgewichtes; Welcker fand denselben zu $^1/_5$ und $^1/_7$. Nach den Untersuchungen von Welcker beträgt der Darminhalt 0·6 g im Mittel bei Mäusen von 6·74 bis 15·10 g Körpergewicht, d. i. $^1/_{20}$, beim Siebenschläfer $^1/_{25}$, bei der Katze $^1/_{19}$, bei der Ziege $^1/_{11}$, bei schnell fliegenden Vögeln $^1/_{40}$ bis $^1/_{60}$ des Körpergewichtes. Bei einem Sperling von 22·87 g Körpergewicht fanden sich 0·55 g Darminhalt. Ein Frosch von 45·86 g Körpergewicht hatte 2·78 g Koth im Darm, ein anderer von 52·37 g Körpergewicht 1·16, d. i. $^1/_{22}$ vom Körpergewicht. Eine Schleihe, Cyprinus tinca, von 271·3 g Körpergewicht hatte 1·8 g Koth, ein Barsch, Perca fluviatilis, 4·4 g.

Für die Blutmenge der hauptsächlichsten Versuchsthiere fanden mittelst dieser Methode Welcker, Heidenhain, Panum, Spiegelberg und wir folgende Bruchtheile des Körpergewichtes:

Autoren	Welcker	Heidenhain	Gscheidlen	Panum	Spiegelberg und Gscheidlen
Meerschweinchen	—	—	$^1/_{17}$ bis $^1/_{22}$	—	—
Kaninchen	—	$^1/_{15}$ bis $^1/_{20}$	$^1/_{17}$ bis $^1/_{22}$	—	—
Hunde	—	$^1/_{12}$ bis $^1/_{18}$	—	$^1/_{11}$ bis $^1/_{12}$	$^1/_{11}$ bis $^1/_{14}$
Katzen	$^1/_{15}$	—	—	—	—

Nach Welcker beträgt die Blutmenge von Vögeln $^1/_{10}$ bis $^1/_{13}$; von Fröschen $^1/_{15}$ bis $^1/_{20}$, von Fischen $^1/_{14}$ bis $^1/_{19}$ des Körpergewichtes.

---

[1]) Kühne. Ueber den Farbstoff der Muskeln. Virchow's Arch. Bd. 33, S. 79. 1865.

c. **Methode von Preyer**[1]). Diese Methode beruht darauf, dass concentrirte Hämoglobinlösungen in einer Flüssigkeitsschicht von gewisser Dicke auch bei starker Beleuchtung für alle Strahlen mit Ausnahme der rothen undurchgängig sind, während weniger concentrirte Hämoglobinlösungen in derselben Schicht neben Roth und Orange namentlich einen Theil des Grün unabsorbirt lassen. Verdünnt man daher eine abgemessene Blutmenge vor dem Spalt des Spectralapparates so lange mit Wasser, bis im Spectrum Grün auftritt, so kann man, wenn ein- für allemal der Gehalt einer Hämoglobinlösung, die gerade Grün unter denselben Bedingungen durchlässt, bestimmt worden ist, mit Leichtigkeit den Procentgehalt jeden Blutes an Hämoglobin finden. Ist k der Gehalt der Hämoglobinlösung, w das zugesetzte Wasservolum, b das abgemessene Blutvolum, so ist der Procentgehalt x des Blutes an Hämoglobin:

$$x = \frac{k\,(w + b)}{b}.$$

Um k ein- für allemal zu bestimmen, bereitet man sich aus noch feuchtem umkrystallisirtem Hämoglobin, das man am besten aus Hundeblut dargestellt, eine concentrirte Lösung in Wasser und bringt 1 cbcm davon in ein Hämatinometer. Das Hämatinometer bringt man vor den Spectralapparat und bestimmt dessen Entfernung von dem Spalte; ingleichen misst man die Weite des Spaltes und die Entfernung desselben von der Lichtquelle, gewöhnlich einer Petroleumlampe. Ist dies geschehen, so lässt man aus einer in $^1/_{10}$ cbcm getheilten Bürette, welche $^1/_{100}$ zu schätzen gestattet, so lange destillirtes Wasser unter stetem Umrühren zufliessen, bis ausser dem sehr bald nach dem Verdünnen sichtbar werdenden Roth Grün auftritt. Ist dieser Augenblick erreicht, so wird das verbrauchte Wasservolumen abgelesen und die Hämoglobinlösung in eine vorher genau gewogene Porcellanschale gebracht, zunächst über Schwefelsäure im luftverdünnten Raume verdunstet, dann bei 100° getrocknet und schliesslich der Rückstand gewogen. Auf diese Weise erhält man den Gehalt der Lösung an Hämoglobin. Man berechnet denselben auf 100 Theile der Lösung und bringt ihn bei jeder Bestimmung als constanten Factor k in Rechnung. Als derartigen constanten Factor fand Preye[r] bei seinen Versuchen 0·8 Proc.

Auf dieses Verhalten des Blutrothes vor dem Spectroskope fussen[d] empfiehlt Preyer[2]) die gesammte Blutmenge eines Thieres in der A[rt] zu bestimmen, dass man zunächst in einer bekannten Portion **p** Aderlass[-] blut eines curarisirten Thieres die Hämoglobinmenge ***h***, indem jede[r] Blutverlust beim Aderlass vermieden wird, bestimmt. Hierauf lässt ma[n] durch die Carotis oder Aorta so lange einen Strom 0·5 proc. Kochsal[z-]

---

1) Preyer. Quantitative Bestimmung des Farbstoffes im Blute durch d[as] Spectrum. Annal. der Chem. Bd. 140, S. 193. 1866.

2) Ueber einige Eigenschaften des Hämoglobins und des Methämoglobi[ns.] Pflüger's Arch. Bd. I, S. 403. Anmerkung 1868.

lösung gehen, bis die Flüssigkeit ungefärbt aus einer Vene ausfliesst, misst das gesammte Flüssigkeitsvolum und ermittelt die Hämoglobinmenge h^1, welche die vereinigten Waschflüssigkeiten enthalten. Es ist dann die Gesammtblutmenge B des Thieres

$$B = \frac{p\,(h + h^1)}{h}.$$

Preyer [1]) hält unter dem Eindrucke der Versuche von Broz'eit [2]) stehend, nach welchen sich der Hämoglobingehalt ändert, wenn das Thier vor seinem Tode lebhafte Muskelanstrengungen macht, es für nothwendig, das Thier zu curarisiren. Dies ist jedoch nicht erforderlich, da wir [3]) später zeigten, dass Broz'eit's Angabe auf einem Irrthum beruhte.

Der Anwendung dieser von Preyer erdachten Methode steht die grosse Verdünnung des Hämoglobins in der Waschflüssigkeit entgegen, welche keine spectroskopische Bestimmung gestattet. Dieselbe kann jedoch dadurch für die Bestimmung der Blutmenge verwerthet werden, wenn man sie in der von Steinberg [4]) angegebenen Weise modificirt.

Man bringt in zwei Hämatinometer gleiche Blutmengen ein und giesst in das eine Wasser, in das andere die Waschflüssigkeit so lange bis beide Lösungen eben grüne Strahlen durchlassen. Da nun die Waschflüssigkeit bereits eine geringe Menge Blut enthält, so muss man von derselben mehr als vom Wasser zufügen, um eine Blutlösung von gleicher Concentration zu erhalten.

Mit Hülfe dieser Data lässt sich die in der zugefügten Menge der Waschflüssigkeit enthaltenen Blutmenge berechnen. Bezeichnet man mit

y die zu bestimmende absolute Blutmenge, mit

w das Gewicht des Blutes, das man als Probe im Beginn des Versuches aufgefangen hatte, mit

b die Blutmenge, die einerseits mit Wasser, andererseits mit der Waschflüssigkeit verdünnt wurde, mit

a die Wassermenge, die in das eine Hämatinometer, mit

c die Menge der Waschflüssigkeit, die in das andere Hämatinometer gebracht wurde, bis beide Flüssigkeiten grüne Strahlen durchzulassen begannen, mit

d das Volum der gesammten Waschflüssigkeit, woraus c genommen wurde, mit

x die in c enthaltene unbekannte Blutmenge, so ist

---

[1]) Preyer. Die Blutkrystalle S. 131. 1871.

[2]) Broz'eit. Bestimmung der absoluten Blutmenge. Pflüger's Arch. Bd. III, S. 363. 1870.

[3]) Gscheidlen. Bemerkungen zu der Welcker'schen Methode der Blutbestimmung und der Blutmenge einiger Säugethiere. Pflüger's Arch. Bd. VII, S. 539. 1873.

[4]) Steinberg. Ueber die Bestimmung der absoluten Blutmenge. Pflüger's Arch. Bd. VII, S. 103. 1873.

$b + a =$ Blutprobe + Wasser im ersten Hämatinometer,

$b + c =$ Blutprobe + Waschflüssigkeit im zweiten Hämatinometer.

Es verhält sich dann:

$$b + a : b = b + c : b + x,$$

woraus folgt:

$$x = \frac{b\,(c - a)}{a + b}.$$

Um die Blutmenge der gesammten Waschflüssigkeit zu erhalten, muss d mit c dividirt und der Quotient mit x multiplicirt werden. Addirt man hierzu noch die Menge des Probeblutes m, so erhält man für die Berechnung der absoluten Blutmenge y folgende Formel:

$$y = m + \frac{d}{c}\,x$$

$$= m + \frac{d}{c} \cdot \frac{b\,(c - a)}{a + b}.$$

Das Probeblut fing Steinberg, um die Gerinnung zu verhindern, in einer gewogenen Menge einer concentrirten Lösung von Natriumcarbonat auf; am besten ist es, ein dem aufzufangenden Blute gleiches Volumen zu nehmen; die Gewichtszunahme ergiebt die Menge des Probeblutes. Das Auswaschen der Thiere geschieht in der nämlichen Weise, wie wir oben angegeben. Wir führen ein Beispiel der Blutbestimmung bei einem Hunde an, dessen Körpergewicht 4310 g war.

Flasche mit Natriumcarbonat + aufgefangenes Blut .	552·2 g
Flasche mit Natriumcarbonat	475·5 „
Gewicht des Blutes	76·7 g

Da die Blutprobe in mehr Natriumcarbonat aufgefangen war, so wurde es durch Zusatz von destillirtem Wasser zu einem Volumen von 3 . 76·7 = 230·1 cbcm verdünnt; 1 cbcm enthielt also 1/3 Blut. Die Waschflüssigkeit wurde in zwei Portionen von 18250 cbcm und 5200 cbcm gesammelt.

Von der zuerst in Natriumcarbonat aufgefangenen Blutmischung wurden je 3 cbcm in zwei Hämatinometer gebracht. Die ersten Strahlen von Grün gingen durch, als 11 cbcm destillirtes Wasser zu der einen und 14 cbcm Waschflüssigkeit von der ersten Portion zu der anderen Blutmischung gesetzt war. Nach obiger Formel ist:

$$x = \frac{3\,(14 - 11)}{3 + 11} = \frac{9}{14}.$$

Da aber in den 3 cbcm Probeflüssigkeit nur 1 g Blut enthalten ist so berechnet sich für die 14 cbcm Waschflüssigkeit $^3/_{14}$ g Blut und für 18250 cbcm Waschflüssigkeit 279 g Blut.

In gleicher Weise wurden in der zweiten Portion von 5200 cbcm Waschflüssigkeit 16 g ermittelt.

Folglich enthält der Hund nach Abzug des Darminhaltes von 27

76·7 + 279 + 16 = 371·7 g Blut, was ein Verhältniss von Blut zum Körpergewicht von 1 : 11·6 ergiebt.

d. **Die Bestimmung des Blutgehaltes einzelner Organe** geschieht in der Weise, dass man die zu- und abführenden Blutgefässe möglichst rasch unterbindet und das Organ wiegt. Alsdann zerkleinert man dasselbe und extrahirt mit Wasser. Die ausgepresste Flüssigkeit wird filtrirt, gemessen, mit Kohlenoxyd gesättigt und mit einer Blutlösung von bekanntem Gehalte verglichen, wie oben angegeben.

Zweckmässig kann man bei dergleichen Blutbestimmungen, wenn die Organe rasch extrahirt werden können, so dass keine Zersetzung des Blutfarbstoffes eingetreten ist, statt einer Blutlösung von bekanntem Gehalt nach dem Vorgange von Rajewsky[1]) eine Pikrocarminlösung als Vergleichsflüssigkeit benutzen, deren Farbe man einer Blutlösung von bekanntem Gehalte gleich gemacht hat. Derartige Pikrocarminlösungen stellt man sich dadurch her, dass man Carmin in etwas Ammoniak löst, die Lösung mit Pikrinsäure versetzt und so lange mit Wasser verdünnt, bis ihre Farbe einer Blutlösung von bekanntem Gehalte gleicht. Hat die Lösung bei der Verdünnung einen Stich ins Gelbe bekommen, so corrigirt man dies durch Zusatz eines Tropfens Carmin. Die Pikrocarminlösungen halten sich nach den Beobachtungen Rajewsky's etwa 4 Monate unzersetzt.

II. Das Plasma des Blutes.

Das Blutplasma bildet im Allgemeinen eine schwach klebrige, meistentheils farblose Flüssigkeit, die bei 0° C. ausserhalb des Organismus längere Zeit flüssig bleibt, bei einigen Graden über 0 aber bald fest wird. Aus der fest gewordenen Masse, die anfangs noch klar ist, scheidet sich allmälig eine bei den meisten Thieren schwach gefärbte Flüssigkeit aus, die man mit dem Namen Serum belegt hat. In dem Maasse als das Serum zur Ausscheidung gelangt, contrahirt sich die feste Masse, wobei sie allmälig undurchsichtig wird. Man nennt sie Fibrin oder Faserstoff.

Wir geben im Nachfolgenden eine Anleitung, das Plasma aus dem Blute zu gewinnen und seine Menge zu bestimmen, handeln hierauf von dem Vorgange der Gerinnung des Plasmas, der Ausscheidung des Fibrins und den einzelnen Fibringeneratoren, und schliessen hieran die Untersuchungsmethoden des Serums, soweit dieselben nicht mit denen, die bei der Analyse des Gesammtblutes in Anwendung gezogen werden, zusammenfallen.

---

[1]) Rajewsky. Zur Frage über die quantitative Bestimmung des Hämoglobingehaltes im Blut. Pflüger's Arch. Bd. 12, S. 73. 1876.

1. Die Gewinnung des Blutplasmas und die Bestimmung seiner Menge.

Blutplasma gewinnt man aus frischem Blute entweder dadurch, dass man die in demselben suspendirten morphotischen Elemente von ihm trennt, bevor die Gerinnung eintritt, oder dadurch, dass man die Gerinnung des Blutes durch künstliche Mittel, wie rasche Abkühlung oder Zusatz chemischer Agentien, hintanhält, so dass die Blutkörperchen Zeit haben sich zu senken. Hewson, nicht Johannes Müller, wie man allgemein annimmt, gebührt das Verdienst, zuerst eine Methode angegeben zu haben, Plasma zu gewinnen. Später wurden Methoden von Brücke, Masia, Schmidt und Semmer angegeben. Eine Methode, die Menge des Plasmas zu bestimmen, ersann Hoppe-Seyler.

a. Methode von Hewson[1]. Diese Methode stützt sich auf die Eigenschaft der neutralen Salze, die Gerinnung des Blutes zu verzögern. Hewson vermischte menschliches Blut mit einer Glaubersalzlösung und goss nach einiger Zeit die über den rothen Blutkörperchen stehende farblose Schicht ab. Statt des Glaubersalzes wendet man besser nunmehr Magnesiumsulphatlösung an. Semmer[2]) fand als am längsten die Gerinnung hindernd eine Mischung von 4 Thln. Blut und 1 Thl. einer 25proc. Magnesiumsulphatlösung. Das Auffangen des Blutes geschieht direct aus der Ader in die Salzlösung, die, um das richtige Verhältniss zu treffen, sich in einem graduirten Cylinder befinden muss. Die über den rothen Blutkörperchen stehende Schicht wird mittelst einer Pipette abgehoben. Die Verzögerung der Gerinnung wird noch weiter hinausgeschoben, wenn man die Mischung bei niedriger Temperatur aufbewahrt.

b. Methode von Johannes Müller[3]. Plasma aus dem Froschblute gewann Johannes Müller dadurch, dass er das aus dem blossgelegten und durchschnittenen Herzen eines Frosches ausfliessende Blut rasch mit der nämlichen Menge einer 1/2proc. Zuckerwasserlösung versetzte und die Mischung durch ein nasses Papierfilterchen laufen liess. Das Filtrat, aus Plasma und Zuckerwasser bestehend, ist klar und farblos und enthält keine morphotischen Bestandtheile.

Zu beachten hat man, dass das Filtrat rasch gerinnt und nur dann vollständig frei von allen Blutkörperchen erhalten wird, wenn das angewandte Filtrirpapier nicht zu dünn ist; gewöhnliches Filtrirpapier eignet sich am besten zu diesem Versuche.

---

[1]) Hewson. An experimental inquiry into the properties of the blood pag. 14. 1771.

[2]) Semmer. Ueber die Faserstoffbildung im Amphibien- und Vogelblut und die Entstehung der rothen Blutkörperchen der Säugethiere S. 56. 1874.

[3]) Joh. Müller. Beobachtungen zur Analyse der Lymphe, des Blutes und des Chylus. Poggendorff's Annal. Bd. 25, S. 540. 1832.

c. **Methode von Brücke**[1]). Diese Methode wurde von Brücke angegeben, um Plasma aus Pferdeblut zu gewinnen. Man lässt einem Pferde zur Ader und fängt das Blut in einem Stehcylinder auf, der in einer Kältemischung von Eis und Salz steht. Die Kältemischung darf nicht so stark sein, dass das Blut gefriert; sie soll das Blut nur schnell abkühlen und so seine Gerinnung für einige Stunden verhindern, damit sich die Blutkörperchen senken können Ist dies geschehen, so hebt man das Plasma mit einer langen cylindrischen vorher erkälteten Pipette ab.

Derartig gewonnenes Plasma lässt sich, wie Schmidt[2]) fand, leicht filtriren, und so vollständig frei von allen morphotischen Bestandtheilen erhalten. Das Filtriren muss durch einen Trichter mit doppelten Wandungen geschehen, zwischen welchen sich Eiswasser befindet. Das Blutplasma selbst muss eine Temperatur von 0° bis höchstens 1° C. haben; schon bei einer Temperatur von 5° C. schlüpfen die farblosen Blutkörperchen grösstentheils durch das Filtrum durch. Es ist nicht rathsam, in den Filtrirapparat eine noch niedriger temperirte Kältemischung zu bringen, weil die während des Filtrirens im Papier zurückbleibenden Plasmaschichten alsdann nur zu leicht gefrieren.

d. **Methode von Masia**[3]). Mittelst dieser Methode kann man Plasma aus jedem Blute gewinnen. Zu dem Endzwecke versetzt man 2 Theile einer 4proc. Lösung von Monokaliumphosphat mit 1 Thl. des direct aus der Ader fliessenden Blutes. Während des Einströmens des Blutes in die Salzlösung muss fleissig mit einem Glasstabe gerührt werden. Um das richtige Verhältniss der Mischung zu haben, muss der Versuch in einem graduirten Gefässe vorgenommen werden. Die Mischung lässt man an einem kühlen Orte stehen. In 24 bis 48 Stunden bildet sich in der Flüssigkeit eine 10 bis 20 mm hohe klare Schicht, die man mit der Pipette abheben kann.

e. **Die Bestimmung der Menge des Plasmas** geschieht nach einer von Hoppe[4]) ersonnenen Methode. Diese Methode gründet sich auf die Ueberlegung, dass wenn man das Verhältniss des Fibrins zum Serum in einer gewogenen Menge Blutplasma kennt, man die Menge des Plasmas, welche in einem bestimmten Theil des nämlichen Blutes enthalten ist, berechnen kann, wenn man die Menge des Fibrins kennt, welche in diesem Theil Blut enthalten ist.

Man fängt etwa 100 bis 150 cbcm Blut in einem Stehcylinder, der in Eis steht, auf und stellt das Blut bei Seite, dann fängt man 30 bis 50 cbcm Blut in dem kleinen Apparate auf, den wir S. 327 beschrieben

---

[1]) Brücke. Ueber die Ursache der Gerinnung des Blutes. Virchow's Arch. Bd. 12, S. 188. 1857.

[2]) A. Schmidt. Ueber die Beziehung der Faserstoffgerinnung zu den körperlichen Elementen des Blutes. Pflüger's Arch. Bd. 11, S. 318. 1875.

[3]) Masia. Zur quantitativen Analyse des Blutes. Virchow's Arch. Bd. 34, S. 438. 1865.

[4]) Hoppe. Zur Blutanalyse. Virchow's Arch. Bd. 12, S. 484. 1857.

haben, schlägt das Blut und bestimmt sein Gewicht. Die Gewichtszunahme ergiebt das aufgefangene Blut. Das Blut wird alsdann vorsichtig in ein reines Glas vom ausgeschiedenen Fibrin abgegossen und das Fibrin mit Wasser gewaschen. Setzt man das Auswaschen 1 bis 2 Stunden fort, so gewinnt man das Fibrin sehr rein und weiss. Hierauf bringt man dasselbe auf ein gewogenes Filterchen, wäscht anfangs mit etwas Kochsalz, dann mit kaltem Wasser und später mit heissem Alkohol aus, wodurch die Fette entfernt werden, und verbrennt schliesslich um die Asche zu bestimmen.

Haben sich in der ersten Blutportion die Blutkörperchen hinlänglich gesenkt, so hebt man 30 bis 50 cbcm ungeronnenes Plasma mit einer abgekühlten Pipette ab, bringt dasselbe in den nämlichen Apparat und bestimmt die Menge des Fibrins in gleicher Weise.

Wurde z. B. gefunden, dass

68·657 g Blut 0·4703 Fibrin

und

26·0845 Plasma 0·2658 Fibrin

enthalten, so berechnet sich die Menge des Fibrins

für 100 Thle. Plasma = 1·0189,
für 100 Thle. Blut = 0·6849,

mithin

$$\frac{0{\cdot}6849 \cdot 100}{1{\cdot}0189} = 67{\cdot}22.$$

In 100 Thln. dieses Blutes sind demnach 67·22 Thle. Plasma enthalten. Der Rest, 32·78, sind nasse morphotische Bestandtheile.

2. Die Gerinnung des Plasmas.

Alexander Schmidt hat durch Versuche wahrscheinlich gemacht, dass der Gerinnungsvorgang auf einem Fermentationsprocess beruht, welcher durch ein besonderes Ferment, das Fibrinferment, eingeleitet wird. Das stoffliche Material, aus welchem der Faserstoff entsteht, bilden zwei Eiweisskörper, die fibrinogene und fibrinoplastische Substanz, die deswegen von ihm Fibringeneratoren genannt werden. Ob die Fibringeneratoren dabei eine chemische Verbindung mit einander eingehen, ist ungewiss, sicher ist nach Schmidt nur, dass beide und nicht nur einer derselben in genetischer Beziehung zum Faserstoff stehen. Diese Anschauung ist nicht ohne Widerspruch geblieben, indem Brücke [1]), Heyn-

[1]) Brücke. Ueber das Verhalten einiger Eiweisskörper gegen Borsäure. Sitzungsber. der mathem. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 55. 2. Abth. S. 892. 1867.

sius [1]), Eichwald [2]) und Hammarsten [3]) dagegen Einwendungen machten.

Den ersten Versuch, aus dem hervorging, dass Plasma für sich nach Entfernung der morphotichen Bestandtheile des Blutes gerinnt, machte Hewson. Das Nämliche wies später Johannes Müller durch einen gleichfalls historisch gewordenen Versuch nach.

Wir geben anbei eine Anleitung, die Versuche von Hewson und Johannes Müller anzustellen, lehren hierauf den Faserstoff aus Plasma zu erhalten und seine Eigenschaften kennen zu lernen, fügen hieran die Methoden der Darstellung der Fibringeneratoren und des Fibrinfermentes und berichten im Anschluss von der Anstellung von Versuchen, aus welchen die Richtigkeit der Schmidt'schen Anschauungen hervorzugehen scheint.

a. **Der Versuch von Hewson** [4]). Hewson gewann zuerst eine blutkörperchenfreie Flüssigkeit, wie wir S. 342 angegeben haben; als er zu derselben Wasser goss, trat alsbald Gerinnung ein. Hewson machte den Versuch mit Menschenblut. Man stellt ihn jetzt wohl einfacher mit Thierblut an, indem man Blut direct aus der Ader in eine concentrirte Glaubersalzlösung unter fortwährendem Umschwenken des Gefässes einströmen lässt. Hebt man nach einiger Zeit die darüber stehende klare Flüssigkeit ab und verdünnt man sie mit destillirtem Wasser, so tritt Gerinnung ein.

b. **Der Versuch von Johannes Müller** [5]) besteht darin, dass man sich Plasma aus Froschblut auf die S. 342 angegebene Weise verschafft. In dem klaren Filtrate entsteht bei gewöhnlicher Temperatur in kurzer Zeit ein wasserhelles Coagulum, so klar und durchsichtig, dass man es nach seiner Bildung gar nicht bemerkt, wenn man es nicht mit einer Nadel aus der Flüssigkeit hervorzieht. Nach und nach wird das Coagulum dichter und weisslich.

c. **Das Fibrin** wird am reinsten aus Plasma gewonnen. Dasselbe kann man entweder sich faserig oder gallertig ausscheiden lassen. Will man ersteres erzielen, so schlägt man das Plasma mit einem Glas- oder Holzstäbchen, will man das Fibrin in gallertiger Form haben, so lässt man das Plasma in einem langen Stehcylinder ruhig gerinnen, ohne dass man das Gerinnsel von der Gefässwandung ablöst.

---

[1]) Heynsius. Ueber die Eiweisskörper des Blutes. Pflüger's Arch. Bd. 2, S. 23. 1869. Derselbe, Der directe Beweis, dass die Blutkörperchen Fibrin liefern. Ibid. Bd. 3, S. 414. 1870.

[2]) Eichwald. Beiträge zur Chemie der gewebbildenden Substanzen und ihrer Abkömmlinge S. 149. 1873.

[3]) Hammarsten. Untersuchungen über die Faserstoffgerinnung. Nova acta reg. soc. scient. Upsaliensis. Ser. III. Vol. X, pag. 1. 1876.

[4]) Hewson. An experimental inquiry into the properties of the blood pag. 14. 1771.

[5]) Joh. Müller. Beobachtungen zur Analyse der Lymphe, des Blutes und des Chylus. Poggendorff's Annal. Bd. 25, S. 540. 1832.

Die Menge des Fibrins, welche im Plasma enthalten ist, wird nach der Methode von Hoppe bestimmt, die wir S. 343 beschrieben haben. Hoppe[1]) fand in 100 Thln. Plasma aus Pferdeblut 1·018, Sacharjin[2]) nach derselben Methode 0·708 und 0·735 Fibrin.

Das Fibrin ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether, löslich dagegen in verdünnten Alkalien, Salpeterlösungen und in Ammoniak bei Körpertemperatur. Die Lösungen gerinnen in der Hitze nicht. Die Lösungen in Natronlauge von 0·05 Proc. werden durch die schwach alkalisch reagirenden Ammoniak- und Natronsalze der Milchsäure, der Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure und Valeriansäure in Form sich zusammenballender Gerinnselmassen namentlich in der Wärme ausgeschieden, wie Deutschmann[3]) fand.

Das Fibrin quillt in 0·1 bis 0·5 proc. Salzsäure zu einer glasartig durchscheinenden Masse auf, ohne sich zu lösen. In Alkohol aufbewahrt, schrumpft es zusammen.

Thénard[4]) beobachtete, dass reines Fibrin in hohem Grade das Vermögen besitzt, Wasserstoffhyperoxyd zu zersetzen. Selbst in sehr verdünnten Lösungen von Wasserstoffhyperoxyd überzieht sich das Fibrin sofort mit einer Schicht von Gasblasen. Das Fibrin wird hierbei nicht verändert. Bringt man ein Flöckchen Fibrin in ein Gemisch von Wasserstoffhyperoxyd und einer weingeistigen Lösung von Guajakharz, so färbt sich die Mischung sofort blau.

Wasserstoffhyperoxyd stellt man am besten nach der Methode von Köhler dar, die Schmidt[5]) angiebt. 138·5 Thle. Baryumhyperoxyd und 75 Thle. krystallisirte Weinsäure werden gesondert in einer Porcellanschale zu einem feinen Pulver zerrieben. Das Barytpulver wird alsdann mit soviel Wasser angerührt, dass ein dünner Brei entsteht. Bei etwa 24stündigem Stehen verwandelt sich dieser Brei in eine harte Masse, welche man unter allmäligem Zusatz sämmtlicher in Wasser gelöster Weinsäure wieder zu einem dünnen Brei zerreibt. Der Brei reagirt anfangs sauer, die Reaction wird aber bald wieder alkalisch, wobei er zu schäumen beginnt, weil das gebildete Baryumtartrat das eben entstandene Wasserstoffhyperoxyd wieder zerlegt. Man muss daher rasch filtriren, am besten einige Minuten nachdem man die letzten Säurequantitäten zugesetzt hat, bevor die saure Reaction vollständig verschwunden ist. Das Filtrat, welches noch gelösten Baryt enthält, wird mit Schwefelsäure tropfenweise versetzt bis eine filtrirte Probe desselben bei weiterem Zu-

---

[1]) Hoppe. Zur Blutanalyse. Virchow's Arch. Bd. 12, S. 485. 1857.
[2]) Sacharjin. Zur Blutlehre. Virchow's Arch. Bd. 21, S. 341. 1861
[3]) Deutschmann. Beitrag zur Kenntniss des Blutfaserstoffes. Pflüger's Arch. Bd. 11, S. 513. 1875.
[4]) Thénard. Nouvelles observations sur l'eau oxigénée. Annal. de chim et de phys. T. XI, pag. 86. 1819.
[5]) Schmidt. Neue Untersuchungen über Faserstoffgerinnung. Pflüger's Arch. Bd. 6, S. 511. 1872.

satz von Schwefelsäure nicht mehr getrübt wird; dann von dem Baryumsulphat abfiltrirt und die überschüssige Säure durch Natronlauge neutralisirt. Auf diese Weise erhält man eine sehr concentrirte und sehr reine Wasserstoffhyperoxydlösung. Je weniger Wasser man beim Anrühren des Baryumhyperoxydes und beim Lösen der Weinsäure angewandt hat, desto concentrirter ist die Wasserstoffhyperoxydlösung.

d. **Die Fibringeneratoren** [1]) bilden nach Schmidt die fibrinoplastische und die fibrinogene Substanz. Beide sind im Plasma gelöst und werden daraus durch gleiche Methoden, die im Verdünnen, Zusatz minimaler Mengen von Essigsäure und Einleiten von Kohlensäure bestehen, gewonnen; sie unterscheiden sich in ihrem chemischen Verhalten aber dadurch von einander, dass die fibrinogene Substanz mehr der Lösungsmittel und Fällungsmittel bedarf, als die fibrinoplastische; z. B. fällt die grösste Menge fibrinoplastischer Substanz beim Durchleiten von Kohlensäure während kurzer Zeit aus, während die fibrinogene Substanz erst nach stundenlanger Durchleitung ausgeschieden wird; die fibrinoplastische Substanz braucht sechsmal weniger verdünnte Natronlösung um gelöst zu werden, als die fibrinogene. Die durch Kohlensäure bei Zusatz von minimalen Mengen Essigsäure gefällten Substanzen unterscheiden sich dadurch von einander, dass die Niederschläge der fibrinogenen Substanz klebrig sind und fest an den Wandungen der Gefässe haften, so dass sich die Flüssigkeit bequem abgiessen lässt, der Niederschlag von fibrinoplastischer Substanz dagegen vertheilt sich bei der geringsten Bewegung sogleich durch die ganze Flüssigkeit.

Wegen dieser in so vielen Punkten übereinstimmenden Eigenschaften wählt man zur Darstellung beider Substanzen nicht das Blutplasma, sondern um die fibrinoplastische Substanz darzustellen, das Serum, und um die fibrinogene Substanz zu gewinnen, die serösen Transsudate, welche von fibrinoplastischer Substanz frei sind.

α. Gewinnung und Eigenschaften der fibrinoplastischen Substanz. Man verdünnt Serum mit dem 10- bis 12fachen Volumen Wasser, wobei, wenn der Kohlensäuregehalt des Serums beträchtlich ist, schon eine Trübung entsteht, fügt verdünnte Essigsäure bis zur Erhaltung einer äusserst schwach alkalischen Reaction zu und leitet Kohlensäure ein. Es entsteht eine Trübung, die allmälig stärker wird; man lässt nun die Flüssigkeit einige Stunden ruhig stehen; die anfangs ganz gleichförmige Trübung schwindet dann unter Bildung von Flocken, die sich bald zu Boden senken. Man filtrirt durch ein doppeltes oder dreifaches Filtrum, wobei man sich hütet, die Flüssigkeit mit dem Niederschlage stark zu bewegen.

---

[1]) Schmidt. Ueber den Faserstoff und die Ursachen seiner Gerinnung. Arch. für Anatom., Physiol. und wissensch. Medicin Jahrg. 1861, S. 545. 1861. Derselbe. Weiteres über den Faserstoff und die Ursache seiner Gerinnung. Ibid. Jahrg. 1862, S. 428. 1862. Derselbe. Neue Untersuchungen über die Faserstoffgerinnung. Pflüger's Arch. Bd. 6, S. 413. 1872.

Den auf dem Filtrum gebliebenen Rückstand löst man in destillirtem Wasser, dem man einige Tropfen einer sehr verdünnten Natronlösung zugesetzt hat. Man erhält so eine farblose, bisweilen etwas opalisirende schwach alkalische Lösung der fibrinoplastischen Substanz. Leitet man in eine derartige Lösung Kohlensäure ein, so wird die fibrinoplastische Substanz gefällt. Die fibrinoplastische Substanz wird ferner gefällt durch Neutralisation der Lösung mittelst höchst verdünnter Säuren; im geringsten Ueberschuss der letzteren löst sie sich wieder auf; neutralisirt man die schwach saure Lösung durch Zusatz einer verdünnten Natronlauge, so kehrt der Niederschlag wieder, der jedoch im geringsten Alkaliüberschuss wieder schwindet. Die durch verdünnte Säuren oder Alkalien gefällte Substanz ist unlöslich in Alkohol und Aether, sowohl in der Kälte als beim Erhitzen.

Charakteristisch ist das Verhalten der fibrinoplastischen Substanz zu fibrinogenhaltigen Flüssigkeiten, wie Hydrocele-, Pericardial-, Pleura- und Peritonealflüssigkeit. Wird zu diesen Flüssigkeiten gelöste fibrinoplastische Substanz gesetzt, so erfolgt sofort Gerinnung und Ausscheidung von Fibrin.

Da die fibrinoplastische Substanz am meisten mit dem Globulin, das Berzelius [1]) aus dem Blute darstellte, übereinstimmt, so nannte sie Kühne [2]) Paraglobulin.

β. Gewinnung und Eigenschaften der fibrinogenen Substanz. Zur Darstellung der fibrinogenen Substanz wählt man am besten seröse Transsudate, wie Hydrocele-, Pericardial-, Pleuraflüssigkeit. Dabei kann man entweder das nämliche Verfahren einschlagen, wie bei der Darstellung der fibrinoplastischen Substanz, oder man versetzt die Flüssigkeit, aus der man die fibrinogene Substanz abscheiden will, mit einer Mischung von 3 Thln. Alkohol und 1 Thl. Aether, oder man trägt gepulvertes Kochsalz in die Flüssigkeit bis zu ihrer Sättigung ein.

Wählt man ersteres Verfahren, so muss die Flüssigkeit mit Wasser verdünnt, genau neutralisirt und längere Zeit Kohlensäure eingeleitet werden. Der Grad der Verdünnung richtet sich jeweilen nach dem Gehalte des Transsudates an organischer Substanz. Ist dasselbe schon von vornherein sehr dünnflüssig, so bedarf es nur geringen Wasserzusatzes, denn bei zu starker Verdünnung vertheilt sich die Substanz zu fein und lässt sich dann schwer filtriren; auch scheint es, dass alsdann durch einen Ueberschuss an Kohlensäure ein Theil derselben in die saure Lösung übergeht.

Will man die fibrinogene Substanz durch obige Alkoholmischung gewinnen, so setzt man, um das gewöhnliche Albumin nicht mitzufällen, dieselbe in Tropfenform zu, indem man fortwährend die Flüssigkeit

[1]) Berzelius. Lehrbuch der Chemie, übersetzt von Wöhler Bd. 9. S. 69. 1840.

[2]) Kühne. Lehrbuch der physiologischen Chem. S. 169. 1868.

schüttelt. Man fährt mit dem vorsichtigen Zusatz so lange fort, bis sich eine ganz schwache, aber auch beim Schütteln bleibende Trübung einstellt. Ueberlässt man die Flüssigkeit sich selbst, so finden sich in ihr nach einiger Zeit, jedoch frühestens nach 6 bis 8 Stunden, weissliche Flöckchen, die sich in klebrigen Häutchen an die Wand des Glasgefässes anlegen. Der Niederschlag lässt sich abfiltriren und zeigt dann die nämlichen Eigenschaften wie die fibrinoplastische Substanz, ausgenommen die Unterschiede in Bezug auf ihre Löslichkeit in verdünnten Alkalien und ihre Fällbarkeit durch Kohlensäure.

Wählt man zur Darstellung der fibrinogenen Substanz Kochsalz, so trägt man dieses in gepulvertem Zustande in die Flüssigkeit ein und lässt einige Stunden bis zu einem Tage stehen, wobei sich das überschüssige Kochsalz am Boden des Gefässes ansammelt. Das sich in Flöckchen abscheidende Fibrinogen bringt man auf ein Filter und übergiesst es mit Wasser, wodurch es gelöst wird. Das wasserklare Filtrat zeigt sich selbst überlassen nicht die geringste Fähigkeit zur Fibrinbildung.

c. **Das Fibrinferment** gewinnt man, wenn man 1 Thl. Blutserum vom Rinde, Hund, Pferd etc. mit 15 bis 20 Thln. starken Alkohols vermischt und das Gemenge mindestens 14 Tage bei Zimmertemperatur stehen lässt. Nach dieser Zeit filtrirt man den Bodensatz ab, trocknet ihn uber Schwefelsäure und zerrührt ihn mit destillirtem Wasser in einer Reibschale etwa 10 Minuten. Das Volumen des dazu benutzten destillirten Wassers muss ungefähr doppelt so gross sein als das des Serums, das man ursprünglich mit Alkohol mischte. Schmidt extrahirte gewöhnlich 1 g des getrockneten pulverisirten Coagulums mit 60 bis 70 cbcm Wasser. Das Filtrat hiervon enthält das Ferment. Das Filtrat ist um so freier von Verunreinigung durch wieder aufgelöstes Eiweiss, je länger man den Alkohol auf das Serum einwirken liess. Die Reaction des Filtrates ist schwach alkalisch oder neutral. Beim Durchleiten von Kohlensäure oder beim Zusatz höchst verdünnter Essigsäure entsteht eine schwache Trübung durch Fällung von Eiweissspuren, welche bei der Extraction mit Wasser wieder gelöst wurden.

Das Fibrinferment ruft in wässeriger Lösung in Flüssigkeiten, welche beide Fibringeneratoren enthalten, z. B. verdünntem Plasma, Peritonealflüssigkeit etc., in kürzester Zeit Gerinnung hervor.

Das Fibrinferment findet sich zum Theil in geringer Menge schon fertig gebildet im Blute vor, wie aus den Versuchen von Jakowicki [1]) hervorgeht.

d. **Versuche über Gerinnung.** Ueber die Wirkungsweise der Fibringeneratoren und des Fibrinfermentes kann man nachfolgende Versuche anstellen. Die pathologischen Flüssigkeiten aus der Pleura- oder

---

[1]) Jakowicki. Zur physiologischen Wirkung der Bluttransfusion S. 44, 1875.

Peritonealhöhle, die man zu den Versuchen braucht, trifft man sehr häufig in menschlichen Leichen, die Herzbeutelflüssigkeit vom Pferde ist, da allenthalben jetzt Rossschlächtereien existiren, ebenfalls nicht schwer zu haben. Es ist nicht nothwendig, künstliche Lösungen der Fibringeneratoren darzustellen, da schon natürliche Lösungen derselben vorkommen. Eine natürliche Lösung der beiden Fibringeneratoren bildet das verdünnte Plasma, das nach einer der oben genannten Methoden gewonnen ist, sowie meistentheils die Flüssigkeiten aus dem Peritoneum und der Pleura; eine natürliche Lösung der fibrinogenen Substanz bildet die Pericardialflüssigkeit des Pferdes. Eine natürliche Lösung des Fibrinfermentes bildet das Serum, welches jedoch noch fibrinoplastische Substanz enthält, die bei der Gerinnung nicht abgeschieden wurde. Will man die Wirkung des Fermentes allein haben, so muss dasselbe, wie oben angegeben, dargestellt werden.

α. Wirkung des Fibrinfermentes auf die beiden Fibringeneratoren. Man bringe in zwei Reagensgläser je 10 cbcm mit 8 Thln. Wasser verdünntes Plasma, das man nach der Methode von Semmer gewonnen, und setze zu dem einen einige Cubikcentimeter Fermentlösung und zu dem anderen ebensoviel Wasser. Im Laufe von 1/2 bis 2 Stunden wird in dem mit Fermentlösung versetzten Plasma sich ein flottirendes Gerinnsel gebildet haben. Dasselbe tritt ein, wenn man statt des Plasmas Pleura- oder Peritonealflüssigkeit verwendet, oder statt der Fermentlösung Serum benutzt.

β. Wirkung des Fibrinfermentes und der fibrinoplastischen Substanz auf fibrinogene Flüssigkeit. Man bringe in drei Reagensgläschen je 5 cbcm Pericardialflüssigkeit, von der man sich durch einen Vorversuch überzeugt hat, dass sie auch nach Zusatz von Fibrinferment flüssig bleibt, und giesse in das erste einige Cubikcentimeter einer Fermentlösung, in das zweite fibrinoplastische Substanz, in das dritte fibrinoplastische Substanz und Fermentlösung, so wird man finden, dass in dem letzten Gläschen die Gerinnung früher eintritt als in dem zweiten; denn die fibrinoplastische Substanz enthält stets etwas Ferment. Die Flüssigkeit in dem ersten Gläschen wird klar bleiben. Der Eintritt der Gerinnung wird bei Brutwärme beschleunigt.

γ. Um zu zeigen, dass die farblosen Blutkörperchen resp. deren Zerfallproducte zur Bildung des Faserstoffs beitragen, kann man folgenden Versuch machen. Pferdeblut wird in erkälteten Gefässen aufgefangen, das Plasma, wenn seine Temperatur auf 0° gesunken ist, abgehoben und in zwei Portionen getheilt. Die eine Portion filtrirt man durch ein 2- bis 5fach zusammengelegtes Filtrirpapier bei 0°, wie S. 343 angegeben, die andere lässt man während dieser Zeit bei 0° ruhig stehen. Setzt man nun beide Plasmaportionen der Zimmertemperatur aus, so gerinnt nach Schmidt die unfiltrirte Portion 1 bis 2 Stunden früher als die filtrirte. Ganz lässt sich die Fibrinbildung nicht unterdrücken, weil die warmen Blutkörperchen sofort ausserhalb des Organis-

mus anfangen Ferment zu bilden, und immer eine Zeit verstreicht, bis sie auf 0° abgekühlt sind, bei welcher Temperatur die Fermententwickelung sehr verlangsamt ist.

3. Das Serum.

Das Serum bildet eine klare meist schwach gefärbte, alkalisch reagirende Flüssigkeit. Das Serum des Menschen und des Hundes ist grünlich gelb, das des Pferdes bernsteingelb, das des Kaninchens fast farblos, das der Kuh nach Angabe von Heynsius [1]) vollkommen farblos.

Das specifische Gewicht des Serums des Menschen ist nach den Angaben von Berzelius [2]) 1·027 bis 1·029. Das des Hundes wurde von Pflüger [3]) fast constant zu 1·025 gefunden.

Jegliches Serum enthält verschiedene Eiweisskörper, Zucker, Fette, Cholestearin, Extractivstoffe und verschiedene Salze gelöst; ingleichen enthält es Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff; einzelne Serumsarten besitzen ausserdem noch Farbstoffe, z. B. das Pferdeblutserum, dessen optisches Verhalten vor dem Spectralapparate von Přibram [4]) studirt wurde.

Wir geben anbei eine Anleitung, Serum zu gewinnen, die darin vorkommenden verschiedenen Eiweisskörper darzustellen, ihre Eigenschaften kennen zu lernen und ihre Menge zu bestimmen. Die Methoden, die übrigen Stoffe des Serums zu gewinnen, sind dieselben, die bei der Bestimmung dieser Stoffe im Gesammtblute in Anwendung gezogen werden. Wir handeln dieselben dort ab.

a. Gewinnung des Serums. Das Serum gewinnt man am reinsten aus Plasma. Dasselbe wird geschlagen und der Faserstoff so zur Abscheidung gebracht. Aus dem Gesammtblute erhält man das Serum, wenn man das Blut aus der Ader in einen Stehcylinder laufen und daselbst gerinnen lässt. Man thut dabei gut, das Gefäss bis zum Rande zu füllen und es mit einem Pfropfen zu verschliessen. Die Abscheidung des Serums wird beschleunigt, wenn man nach der Angabe von Schmidt [5]) mit einer Nadel den an den Wandungen des Gefässes haftenden Blutkuchen am oberen Rande theilweise löst und das Blut dann bei niedriger Temperatur einige Tage stehen lässt.

---

[1]) Heynsius. Ueber die Eiweisskörper des Blutes. Pflüger's Arch. Bd. 2, S. 25. 1869.

[2]) Berzelius. Lehrbuch der Chemie, übersetzt von Wöhler, Bd. 9, S. 96. 1840.

[3]) Pflüger. Ueber die Ursache der Athembewegungen, sowie der Dyspnö und Apnö. Dessen Arch. Bd. I, S. 75. 1868.

[4]) Přibram. Eine neue Methode zur Bestimmung des Kalkes und der Phosphorsäure im Blutserum. Berichte über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. Mathem.-phys. Classe Bd. 23, S. 280. Anmerk. 1871.

[5]) Schmidt. Neue Untersuchungen über die Faserstoffgerinnung. Pflüger's Arch. Bd. 6, S. 423. 1872.

Serum kann man auch durch Anwendung der Centrifugalkraft aus Blut zur Abscheidung bringen. Zu dem Ende bringt man das Blut in einen Stehcylinder, der mit einem Glasstöpsel verschlossen werden kann, und befestigt diesen in eine Blechkapsel gehüllt zweckmässig an einer Centrifuge. Auf diese Weise gelang es zuerst v. Babo[1]) aus defibrinirtem Ochsenblut den grössten Theil der Blutkörperchen binnen 2 Stunden abzuscheiden. Vollständiger gelingt die Abscheidung, wenn man wie Přibram[2]) verfährt und das Blut direct aus der Ader in die Cylinder einströmen und daselbst gerinnen lässt; alsdann lockert man den Blutkuchen etwas an den Rändern und übergiebt das Blut der Centrifuge. Wie Afonassiew[3]) erprobte, erhält man auch ohne Lockerung des Blutkuchens aus geronnenem Blute farbstofffreies Serum.

b. Die Eiweisskörper des Serums. In letzterer Zeit ist über die Eiweisskörper des Serums viel experimentirt und geschrieben worden. Eine Einigung der verschiedenen Autoren wurde dadurch jedoch keineswegs erzielt. Nach Schmidt enthält das Serum nur zwei Eiweisskörper, nämlich fibrinoplastische Substanz und Serumalbumin, nach Kühne[4]) und Eichwald[5]) kommt noch ein dritter Eiweisskörper vor, den Kühne Natronalbuminat, Eichwald aber Serumcasein nennt; nach Heynsius[6]) ist die fibrinoplastische Substanz Schmidt's nichts weiter als ein Alkalialbuminat, das Paraglobulin und das Natronalbuminat Kühne's sind nach ihm dieselben Körper, für welche er die alte Bezeichnung Globulin beibehalten will. Brücke[7]) endlich nennt die fibrinoplastische Substanz Schmidt's Paraglobulin und vermuthet neben diesem einen zweiten Eiweisskörper, auf den er die fibrinoplastische Wirkung der Schmidt'schen Substanz bezieht und den er deshalb fibrinoplastische Substanz nennt; ausserdem hält er Paraglobulin und Serumalbumin nicht für wesentlich verschiedene Körper.

Wir geben anbei eine Anleitung, das Thatsächliche aus den Arbeiten der verschiedenen Autoren sich durch den Versuch vorzuführen.

---

[1]) v. Babo. Ueber die Anwendung der Centrifugalkraft in chemischen Laboratorien. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 82, S. 308. 1852.

[2]) Přibram. Eine neue Methode zur Bestimmung des Kalkes und der Phosphorsäure im Blutserum. Berichte über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. Mathem.-phys. Classe Bd. 23, S. 279. 1871.

[3]) Afonassiew. Welcher Bestandtheil des Erstickungsblutes vermag den diffundirbaren Sauerstoff zu binden. Berichte über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. Bd. 24, S. 254. 1872.

[4]) Kühne. Lehrbuch der physiologischen Chemie S. 175. 1868.

[5]) Eichwald. Beiträge zur Chemie der gewebbildenden Substanzen und ihrer Abkömmlinge S. 49. 1873.

[6]) Heynsius. Ueber die Eiweisskörper des Blutes. Pflüger's Arch. Bd. 2. S. 9. 1869.

[7]) Brücke. Ueber das Verhalten einiger Eiweisskörper gegen Borsäure. Sitzungsber. der mathem. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 55. 2. Abth. S. 892. 1867.

α. **Die aus verdünntem Serum durch Kohlensäure fällbare Substanz** wird gewonnen, wenn man Serum mit der 10- bis 15fachen Menge Wasser verdünnt und längere Zeit gewaschene Kohlensäure einleitet. Der sich ausscheidende weisse Niederschlag stellt einen Eiweisskörper dar, den Panum[1]) Serumcasein nannte, Schmidt fibrinoplastische Substanz, Kühne und Brücke Paraglobulin, Heynsius Globulin.

β. **Die aus verdünntem Serum nach Ausfällen mit Kohlensäure durch Essigsäure und Kochsalz fällbare Substanz.** Wenn in Serum, das mit dem zehnfachen Volumen Wasser verdünnt ist, längere Zeit Kohlensäure eingeleitet und der Niederschlag abfiltrirt wird, so entsteht auf Zusatz einer Spur Essigsäure ein weisser pulvriger Niederschlag, der sich leicht in verdünnten Säuren und Alkalien löst. Dieser Körper stellt das Natronalbuminat Kühne's dar.

Ebenso wie durch Essigsäure wird auch durch concentrirte Kochsalzlösung aus dem verdünnten mit Kohlensäure ausgefällten Serum eine eiweissartige Substanz niedergeschlagen, besonders bei Anwendung von Rinderblutserum; diese Substanz ist nach Heynsius Globulin. Das Globulin von Heynsius wird aus Blutserum zum Theil durch Kohlensäure gefällt, zum Theil durch Kochsalz. Auflösungen von Kalialbuminat, sowie Fibrin und Myosin verhalten sich in dieser Beziehung ebenso, Kohlensäure fällt einen Theil aus den Lösungen, der Rest wird durch Sättigen mit Kochsalz niedergeschlagen.

Will man sich von der Richtigkeit dieser Angaben überzeugen, so theile man das in α erhaltene Filtrat in zwei Theile und setze zu der einen Portion einen Tropfen verdünnter Essigsäure, in die andere bringe man gepulvertes reines Kochsalz ein; in beiden Portionen entsteht alsdann ein Niederschlag, der eine ist das Natronalbuminat Kühne's oder Globulin von Heynsius, der andere ist ebenfalls Globulin nach Heynsius.

γ. **Die aus verdünntem Serum mittelst geringer Menge Essigsäure fällbare Substanz** erhält man, wenn man zu verdünntem Serum verdünnte Essigsäure bis zur sauren Reaction zusetzt, oder wenn man unverdünntes Serum mit einigen Tropfen Essigsäure vermischt und das Serum alsdann verdünnt. Bei Rinderblutserum fand Schmidt meist einen Zusatz von vier Tropfen 25proc. Essigsäure zu 10 cbcm hinreichend, um bei nachfolgender Verdünnung mit 15 Thln. Wasser die durch Essigsäure fällbare Substanz abzuscheiden, bei Pferdeblutserum sind 3 Tropfen zu 10 cbcm Serum genügend. Der gefällte Eiweisskörper ist Schmidt's fibrinoplastische Substanz.

δ. **Das Serumalbumin** wird dadurch gewonnen, dass man nach Entfernung der fibrinoplastischen Substanz und des Natronalbuminates das Filtrat im Vacuum auf das ursprüngliche Volumen einengt und in der schwach sauren Flüssigkeit durch Zusatz von Natriumcarbonat die

[1]) Panum. Ueber einen constanten mit dem Casein übereinstimmenden Bestandtheil des Blutes. Virchow's Arch. Bd. 3, S. 260. 1851.

ursprüngliche alkalische Reaction wieder herstellt. Diese Flüssigkeit eignet sich am besten zum Studium der Eigenschaften des Serumalbumins.

Wird solche Flüssigkeit erwärmt, so wird sie bei 60° C. trübe, bei 73° C. coagulirt sie vollständig. Das Coagulum verhält sich wie jedes andere in der Hitze ausgeschiedene Eiweiss. Durch Zusatz von Kochsalz kann der Coagulationspunkt herabgedrückt werden, so dass schon Coagulation bei 50° C. erreicht wird.

Das Serumalbumin ist in Wasser löslich und wird durch absoluten Alkohol und die meisten Salze der schweren Metalle gefällt.

Das Serumalbumin zeigt in neutraler Lösung eine specifische Drehung von ungefähr — 56° für gelbes Licht, wie Hoppe [1]) ermittelte. Durch Zusatz von Säuren ändert sich die Ablenkung des polarisirten Lichtstrahls. Man überzeugt sich hiervon mittelst der Circumpolarisationsapparate, die wir S. 142 beschrieben haben.

Das Serumalbumin kann durch Dialyse seiner Salze mehr oder minder beraubt werden. Die Angabe Graham's [2]), dass man dem Eiweiss durch Dialyse seine Salze vollständig entziehen könne, konnte bis jetzt nicht bestätigt werden. Aus den Versuchen, die über das Verhalten des Serumalbumins bei der Dialyse von Aronstein [3]), Schmidt [4]), Heynsius [5]), Huizinga [6]) etc. angestellt wurden, ergiebt sich, dass das dabei angewandte Papier, die Reaction der Flüssigkeit, die Temperatur, die Erneuerung des Wassers, die Menge der auf ihren Salzgehalt zu untersuchenden Substanz eine grosse Rolle spielt. Die Widersprüche der Autoren über den Erfolg der Dialyse erklären sich zum Theil aus diesen Umständen. Die Dialyse nimmt man in einem der Dialysatoren vor, die wir S. 203 beschrieben haben.

Das Serumalbumin kann durch Zusatz von ätzenden Alkalien in Kalialbuminat und durch Zusatz von Salzsäure in Syntonin übergeführt werden.

---

[1]) Hoppe. Ueber die Bestimmung des Eiweissgehaltes im Urin, Blutserum, Transsudaten mittelst des Ventzke-Soleil'schen Polarisationsapparates. Virchow's Arch. Bd. 11, S. 553. 1857.

[2]) Graham. Liquid diffusion applied to analysis. Philos. Transact. Vol. 151, T. I, pag. 216. 1861. Auch: Anwendung der Diffusion der Flüssigkeiten zur Analyse. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 121, S. 61. 1862.

[3]) Aronstein. Ueber die Darstellung salzfreier Albuminlösungen vermittelst der Diffusion. Pflüger's Arch. Bd. 8, S. 75. 1874.

[4]) Schmidt. Weitere Untersuchungen des Blutserums, des Eiereiweisses und der Milch durch Dialyse mittelst geleimten Papieres. Pflüger's Arch. Bd. 11, S. 1. 1876.

[5]) Heynsius. Ueber die Eiweissverbindungen des Blutserums und des Hühnereiweisses. Pflüger's Arch. Bd. 8, S. 537. 1874. Derselbe. Ueber Serumalbumin und Eieralbumin und ihre Verbindungen. Ibid. Bd. 11, S. 549. 1876.

[6]) Huizinga. Zur Darstellung des dialysirten Eiweisses. Pflüger's Arch. Bd. 11, S. 392. 1876.

c. Bestimmung der Menge der Eiweisskörper des Serums. Zur Bestimmung des Eiweissgehaltes des Serums sind verschiedene Methoden in Anwendung gezogen worden. Die vorzüglich angewandten Methoden sind Bestimmung des Albumins durch Coagulation, Fällen mit Alkohol und Circumpolarisation.

α. Bestimmung des Eiweisses durch Coagulation. Man erhitzt in einer etwa 100 cbcm fassenden Porcellanschale 20 bis 30 cbcm destillirtes Wasser zum Kochen und giesst unter stetem Umrühren eine genau abgewogene Menge Blutserum, etwa 4 bis 5 g, ein; hierauf spült man das Gefäss, in welchem man das Serum abgewogen hat, mit Wasser aus und bringt das Spülwasser zu dem übrigen Serum. Man kocht nun abermals auf und setzt vorsichtig so lange einzelne Tropfen verdünnter Essigsäure unter stetem Umrühren zu, bis sich das Albumin grossflockig abgeschieden hat und das Wasser klar und hell geworden ist. Dies ist nur der Fall, wenn man eine gerade genügende Menge Essigsäure zugesetzt hat, bei ungenügendem Zusatz oder wenn man zu viel Essigsäure zugegossen hat, scheidet sich das Albumin nicht gut ab.

Hat sich das Coagulum gut abgeschieden, so bringt man es auf ein Filter und wäscht es gut mit destillirtem Wasser aus. Hierauf bringt man es noch feucht vom Filter mittelst eines Messerchens auf ein genau gewogenes Uhrschälchen, trocknet es bei 110° und wiegt es. Nach Abzug des Gewichtes des Uhrschälchens erhält man jenes des Albumins in der abgewogenen Menge Serum.

β. Bestimmung des Eiweisses durch Fällung mit Alkohol. Wenn man das Eiweiss auf diese Weise bestimmen will, so schlägt man wohl am besten den von Schmidt [1]) vorgezeichneten Weg ein. Das abgewogene Blutserum wird durch Zusatz von Essigsäure neutralisirt mit 10 Thln. starken Alkohols coagulirt, 24 Stunden stehen gelassen und dann in dem Alkohol gekocht. Das flockige Coagulum, das sich leicht abfiltriren lässt, wird auf einem Filtrum gesammelt und zunächst mit einem Gemenge von 10 Thln. starken Alkohols und 1 Thl. Wasser, dann mit absolutem Alkohol und Aether ausgewaschen. Die Gewichtsbestimmung des Coagulums geschieht wie bei α. angegeben.

γ. Bestimmung des Eiweisses durch Circumpolarisation. Diese von Hoppe-Seyler [2]) herrührende Bestimmung ist nur dann direct ausführbar, wenn neben dem Albumin keine anderen drehenden Körper in der Flüssigkeit gelöst sind; sie geschieht in einem der Circumpolarisationsapparate, die wir S. 142 beschrieben haben. Enthält die Flüssig-

---

[1]) Schmidt. Weitere Untersuchungen des Blutserums, des Eiereiweisses und der Milch durch Dialyse mittelst geleimten Papieres. Pflüger's Arch. Bd. 11, S. 10. 1876.

[2]) Hoppe. Ueber die Bestimmung des Eiweissgehaltes im Urin, Blutserum, Transsudaten mittelst des Ventzke-Soleil'schen Polarisationsapparates. Virchow's Arch. Bd. 11, S. 551. 1857.

keit neben Albumin noch einen anderen drehenden Körper, so sieht man von der Bestimmung mittelst dieser Methode ab.

Liborius [1]) hat die verschiedenen Methoden der Eiweissbestimmung einer näheren Prüfung unterworfen und gefunden, dass die Bestimmung des Eiweisses im Serum mittelst Alkohols die genauesten Resultate giebt.

III. Die morphotischen Bestandtheile des Blutes.

Unter den morphotischen Bestandtheilen des Blutes unterscheidet man gefärbte und farblose Blutkörperchen und neben diesen unregelmässige Klümpchen farbloser Kügelchen, die Schultze [2]) beschrieb und mit den Namen Körnchenbildungen belegte. Da wir von den letzteren Gebilden nichts weiter wissen, als dass sie in variirender Zahl im Blute vorkommen und sich durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen auszeichnen so handeln wir hier nur von den Untersuchungsmethoden der gefärbten und farblosen Blutkörperchen.

1. Die farbigen Blutkörperchen.

Die farbigen Blutkörperchen der Wirbelthiere stellen kreisförmig oder elliptische Scheiben dar. Die kreisförmigen finden sich beim Menschen und den Säugethieren mit Ausnahme der Familie der Tylopoden dem Kameele und dem Lama, welche, wie Mandl [3]) zuerst beobachtet elliptische Blutkörperchen besitzen. Die Vögel, Amphibien und die meisten Fische besitzen elliptische Blutkörperchen.

Die Farbe der rothen Blutkörperchen rührt von Hämoglobin her ihre Grösse ist bei den verschiedenen Thieren verschieden; ihre Zahl i einem bestimmten Volumen Blut ist abhängig von dem Gefässbezirk, a dem das Blut stammt. Die rothen Blutkörperchen ändern ihre Gesta unter dem Einflusse mechanischer Einwirkungen, von Wärme und Kält elektrischer Reize und chemischer Agentien. Letztere wandte ma namentlich an um über den Bau der rothen Blutkörperchen Aufschlu zu bekommen.

Wir handeln im Nachfolgenden von der Gestalt der rothen Blu körperchen, dem Nachweise, dass ihre Farbe von Hämoglobin herrüh

---

[1]) Liborius. Beiträge zur quantitativen Eiweissbestimmung S. 25. 18

[2]) Schultze. Ein heizbarer Objecttisch und seine Verwendung bei Unt suchungen des Blutes. Arch. f. mikroskop. Anatom. Bd. I. S. 36. 1865.

[3]) Mandl. Globules du sang de forme elliptique obervés chez deux esp des mammifères. Compt. rend. hebdom. des séances de l'académ. des scien T. VII, pag. 1060. 1838.

der Bestimmung ihrer Grösse, den Methoden, ihre Zahl in einem bestimmten Volumen Blut zu ermitteln, und reihen hieran die Untersuchungsmethoden, die man ersonnen, um die Einwirkungen mechanischer, thermischer, elektrischer wie chemischer Einflüsse zu studiren, soweit dieselben von denen abweichen, die überhaupt bei der Untersuchung zelliger Elemente in Anwendung kommen, da wir letztere schon im vorigen Capitel erörtert haben.

a. Die Gestalt der rothen Blutkörperchen. Um eine Anschauung von der normalen Gestalt der rothen Blutkörperchen zu bekommen, ist es nothwendig, sie in einer Flüssigkeit zu zertheilen, welche in keiner Weise weder die physikaliche noch chemische Constitution derselben ändert. Man verdünnt deshalb das Blut vor der Untersuchung nach dem Vorgange von Johannes Müller [1]) am besten mit dem eigenen Serum. Die Anwendung des Serums einer anderen Thierart ist nur dann gestattet, wenn erwiesen ist, dass in demselben sich die betreffenden Blutkörperchen nicht ändern. Nach den Beobachtungen von Landois [2]) werden z. B. die Blutkörperchen von Kaninchen in Hundeserum zu Kugeln umgeformt und lassen den Blutfarbstoff austreten. Steht kein indifferentes Serum zur Verfügung, so kann man auch das Schultze'sche [3]) Jodserum benutzen, ein durch Zusatz von Jodtinctur oder Jod in Substanz vor Fäulniss bewahrtes Amnioswasser jüngerer Wiederkäuer-Embryonen, oder auch eine Kochsalzlösung von 0·6 Proc., welche nach den Beobachtungen von Welcker [4]) auf die Gestalt der rothen Blutkörperchen der meisten Thiere wenig einwirkt. Eine Ausnahme hiervon machen, wie Nasse angiebt [5]), z. B. die rothen Blutkörperchen im Blute von Schafen und Schweinen, die durch 0·6proc. Kochsalzlösung ausgewässert werden, in 1 bis 1·2proc. Kochsalzlösung dagegen erhalten bleiben. Es ist ein Unterschied, ob man die Salzlösung aus getrocknetem wasserfreien oder gewöhnlichem Kochsalz darstellt. 4 g ersteren Salzes entsprechen ungefähr 5·33 g nicht getrockneten. Die Welcker'sche Lösung enthält auf 100 Thle. Wasser 0·6 g getrocknetes Kochsalz.

Da die rothen Blutkörperchen kreisförmige oder elliptische Scheiben darstellen, und in der Ruhe meist auf der platten Seite aufliegen, so muss

---

[1]) Johannes Müller. Beobachtungen zur Analyse der Lymphe, des Blutes und des Chylus. Poggendorff's Annal. Bd. 25, S. 520. 1832.

[2]) Landois. Die Transfusion des Blutes, S. 152. 1875.

[3]) Schultze. Die Anwendung mit Jod conservirter thierischer Flüssigkeiten als macerirendes und conservirendes Mittel bei histiologischen Untersuchungen. Virchow's Arch. Bd. 30, S. 263. 1864.

[4]) Welcker. Ueber Blutkörperchenzählung. Arch. des Vereins für gemeinschaftliche Arbeiten zur Förderung der wissensch. Heilkunde Bd. I, S. 178. 1854.

[5]) Nasse. Hämatologische Mittheilungen. Arch. des Vereins für gemeinschaftliche Arbeiten zur Förderung der wissensch. Heilkunde Bd. III, S. 472. 1858.

man sie, um sie auch von anderer Seite beobachten zu können, in rollende Bewegung versetzen. Man erreicht dies, indem man leichte Stösse gegen das Deckgläschen ausübt, oder den Objectträger schief hält.

Da man nicht stets in der Lage ist, sich Blutkörperchen von verschiedenen Thieren zu verschaffen, so ist es zweckmässig, man macht sich bei gegebener Gelegenheit Präparate von diesen und sucht sie zu conserviren. Gute Conservirungsapparate erhält man nach Schmidt und Schweigger-Seidel[1]) dadurch, dass man Blut in dünner Schicht über eine wässerige Lösung von Ueberosmiumsäure so hält, dass die flüchtige Substanz zu denselben treten kann. Die Blutkörperchen erhärten alsdann ohne ihre Form und Farbe wesentlich zu verändern; sie behalten ihre centrale Depression und werden so consistent, dass man sie lange Zeit in Wasser oder Glycerin unverändert zu erhalten vermag. Bei der Einwirkung der Ueberosmiumsäure gerinnt das Serum, löst sich jedoch in Wasser mit bräunlicher Farbe wieder auf. Eine ähnliche Erhärtung der rothen Blutkörperchen tritt ein bei vorsichtiger Anwendung von Joddämpfen, wenn man Blutschichten über Wasser bringt, dem etwas Jodtinctur zugesetzt worden. Allein neben einer gewissen Formveränderung macht sich auch die Jodfarbe bemerkbar, sowie im Serum ein körniger Niederschlag, der störend wirkt.

b. Die Farbe der rothen Blutkörperchen rührt von einem eigenthümlichen Farbstoffe her, den Hoppe-Seyler[2]) Hämoglobulin oder Hämoglobin nannte; letzterer Name ist der allgemein gebräuchlicher geworden. Das Hämoglobin hat bis jetzt aus den rothen Blutkörperchen aller erwachsenen Wirbelthiere, welche darauf untersucht worden, dargestellt werden können, und ist auch im Blute vieler Wirbellosen gefunden worden. Das Hämoglobin kann aus dem Blute vieler Thiere in Krystallform gewonnen werden. Die erste systematische Untersuchung über diesen Gegenstand stellte Kunde[3]) an; die ersten Blutkrystalle sah Hühnefeld[4]), welcher sie auch abbildet, nicht Reichert[5]), wie einer dem anderen nachspricht. Das Hämoglobin zeichnet sich namentlich durch sein optisches Verhalten aus; vermöge dieser Eigenschaft können nac

---

[1]) Schmidt und Schweigger-Seidel. Einige Bemerkungen über d rothen Blutkörperchen. Berichte über die Verhandl. der königl. sächs. Aka der Wissensch. Math. phys. Classe. Bd. 19, S. 197. 1867.

[2]) Hoppe-Seyler. Ueber die chemischen und optischen Eigenschafte des Blutfarbstoffes. Virchow's Arch. Bd. 29, S. 233. 1864.

[3]) Kunde. Ueber Krystallbildung im Blute. Zeitschr. für ration. Me N. F. Bd. II, S. 271. 1852.

[4]) Hühnefeld. Der Chemismus in der thierischen Organisation S. 16 Fig. 7 und 8. 1840.

[5]) Reichert. Beobachtungen über eine eiweissartige Substanz in Krysta form. Arch. für Anatom., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1849, S. 1

Hoppe-Seyler [1]) noch 0·00005 g Hämoglobin in 5 cbcm Flüssigkeit in einer Flüssigkeitsschicht von 1 cm Dicke spectralanalytisch nachgewiesen werden.

Wir beschäftigen uns im Folgenden mit der Darstellung des Hämoglobins, der Bestimmung seiner Menge, der Untersuchung seiner optischen Eigenschaften und seines Verhaltens gegen verschiedene Gase und im Anschluss hieran mit den Zersetzungen des Hämoglobins unter dem Einflusse von Säuren, Alkalien etc.

α. Darstellung des Hämoglobins. Das Hämoglobin lässt sich nur aus dem Blute der Thiere rein gewinnen, aus dem es in Krystallform abgeschieden werden kann. Man bedient sich deshalb zur Darstellung des Hämoglobins vorzugsweise des Hundeblutes, des Pferdeblutes und Meerschweinchenblutes. Diese Blutarten sind leicht in genügender Menge zu bekommen und zeichnen sich vor den übrigen durch ihre leichte Krystallisirbarkeit aus. Sonst bekommt man auch leicht Blutkrystalle vom Eichhörnchen und der Ratte, wie Kunde [2]) zuerst beobachtete, oder von der Katze, dem Igel und der Maus, wie Bojanowski [3]) zuerst angab; schwerer krystallisirt das Blut vom Schweine und vom Rinde etc. Bis jetzt ist das Hämoglobin aus dem Blute von 47 Wirbelthierarten, nämlich 23 Säugethieren, 7 Vögeln, 5 Amphibien und 12 Fischen, dargestellt worden. Ein vollständiges Verzeichniss dieser Thiere mit Angaben über Krystallisirbarkeit und Krystallform hat Preyer [4]) angelegt. Das Krystallsystem der Blutkrystalle vom Menschen, Meerschweinchen, Kaninchen, Hunde und Eichhörnchen hat v. Lang [5]) untersucht.

Das Princip der Methoden Hämoglobin darzustellen besteht in Trennung des Farbstoffs von dem farblosen Stroma der Blutkörperchen, ohne dass derselbe selbst dabei verändert wird. Die vorzüglichsten derartigen Methoden wurden von Rollett und Hoppe-Seyler angegeben. An die Abhandlung dieser Methoden reihen wir das Verfahren Blutkrystalle für die mikroskopische Untersuchung zu gewinnen.

---

[1]) Hoppe-Seyler. Beiträge zur Kenntniss des Blutes des Menschen und der Wirbelthiere. Dessen: Medicin.-chemische Untersuchungen S. 200. 1866 bis 1871.

[2]) Kunde. Ueber Krystallbildung im Blute. Zeitschr. f. rationell. Med. N. F. Bd. 2, S. 276. 1852.

[3]) Bojanowski. Beobachtungen über die Blutkrystalle. Zeitschr. für wissensch. Zoolog. Bd. 12, S. 333. 1863.

[4]) Preyer. Die Blutkrystalle S. 36 bis 42. 1871.

[5]) Rollett. Versuche und Beobachtungen am Blute. Sitzungsber. der mathem. naturw.-Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 46. 2. Abth. S. 85. 1863.

aa. Darstellung von Hämoglobin nach Rollett[1]).

In eine Frostmischung aus Eis und Calciumchlorid stellt man einen Platintiegel, und bringt in denselben defibrinirtes Blut. Nachdem das Blut gefroren und etwa eine halbe Stunde in der Frostmischung gestanden hat, lässt man es langsam aufthauen, giesst den Inhalt in ein Glas, so dass der Boden des letzteren von einer 15 mm hohen Blutschicht bedeckt ist, und lässt an einem kühlen, gleichmässig temperirten Orte stehen. Aus dem aufgethauten Blute scheidet sich nun früher oder später das Hämoglobin krystallisirt aus. In Meerschweinchen- und Rattenblut bilden sich nach ganz kurzer Zeit schon Hämoglobinkrystalle, länger dauert es bei Katzenblut, noch länger bei Hundeblut, wo erst nach 24stündigem Stehen die Ausscheidung der Krystalle ergiebig ist. Aus Menschen- und Kaninchenblut erhält man erst nach mehrtägigem Stehen Krystalle.

bb. Darstellung von Hämoglobin nach Hoppe-Seyler[2]).

Man mischt das defibrinirte Blut mit dem 10fachen Volumen einer 2proc. Kochsalzlösung, lässt einen oder zwei Tage an einem kühlen Orte ruhig stehen, so dass der grösste Theil der Blutkörperchen sich zu Boden senkt. Dann giesst man soweit als möglich die Flüssigkeit vom Niederschlage ab, bringt denselben mit etwas Wasser in einen Kolben, setzt ebensoviel Aether dazu und schüttelt gut um. Nach kurzem Stehen giesst man den Aether ab, filtrirt möglichst schnell durch ein Faltenfilter, mischt das Filtrat nach dem Abkühlen auf 0° mit $^1/_4$ seines Volumens Weingeist, der gleichfalls auf 0° erkältet war, und lässt bei — 5° bis — 10° C. einige Tage stehen. Haben sich beim Schütteln mit Aether bereits Hämoglobinkrystalle gebildet und bleiben dieselben grösstentheils auf dem Filter zurück, so löst man dieselben durch Digestion mit nicht zu viel Wasser im Wasserbade bei 30 bis 35°, filtrirt schnell, lässt auf 0° erkalten, fügt $^1/_4$ Volumen Weingeist von 0° hinzu und lässt dann ebenfalls bei — 5 bis — 10° C. einige Tage stehen.

Die gebildeten Krystalle lassen sich kalt abfiltriren, zwischen Fliesspapier in der Kälte auspressen und umkrystallisiren. Die gewonnenen abgetrockneten Krystalle stellen eine teigige Masse von zinnoberrother Farbe dar; trocknet man sie unter 0°, so geben sie ein hellzinnoberrothes feines Pulver; in nicht ganz dünner Schicht über 0° getrocknet werden sie bald dunkelroth, ja fast schwarz und sind dann theilweise zersetzt.

---

1) Rollett. Versuche und Beobachtungen am Blute. Sitzungsber. der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 46, 2. Abth S. 77. 1863.

2) Hoppe-Seyler. Beiträge zur Kenntniss des Blutes des Menschen und der Wirbelthiere. Dessen: Medicin.-chemische Untersuchungen S. 181 1866 bis 1871.

αα. Darstellung von Hämoglobinkrystallen zu mikroskopischer Beobachtung.

Vorzügliche Krystalle zu mikroskopischer Untersuchung gewinnt man nach obiger in der Weise abgekürzten Methode, dass man gleiche Theile defibrinirten Blutes und destillirten Wassers mengt und unter Umrühren 1/4 Volumen der Mischung absoluten Alkohols zusetzt. Die Mischung lässt man gefrieren und 24 bis 48 Stunden in Eiswasser stehen.

Sonst erhält man auch rasch Krystallbildung, namentlich aus Meerschweinchen- und Hundeblut, wenn man Aether oder Chloroform zu einem Blutstropfen setzt und ein Deckgläschen darüber deckt, ein Verfahren, das schon Kunde [1]) angiebt.

Die schönsten und grössten Krystalle aber erzielt man, wie wir beobachteten, wenn man defibrinirtes Blut, das 24 Stunden an der Luft gestanden, in kleine Glasröhren einschmilzt, und dieselben mehrere Tage bei 37° C. aufbewahrt. Derartige Röhrchen stellt man sich durch Ausziehen einer Glasröhre an den beiden Enden her; man saugt sie nach dem Erkalten möglichst voll mit Blut und schmilzt dann beide Enden vor der Gaslampe ab. Oeffnet man diese Röhrchen vorsichtig, und entleert den Inhalt in ein Uhrschälchen, so findet man, nachdem eine geringe Verdunstung stattgefunden hat, Krystalle von ganz kolossalen Dimensionen. Wir erhielten aus Hundeblut, das in solchen Röhrchen eingeschlossen war und mehrere Tage im Brütofen gelegen hatte, Prismen von mehreren Centimetern Länge. Bringt man einen Tropfen solchen Blutes unter das Mikroskop, so findet man wenig Blutkörperchen mehr, dagegen sieht man schon bei Constatirung dieses Umstandes sich allenthalben Krystalle bilden.

β. Bestimmung der Menge des Hämoglobins im Blute. Die Menge des Hämoglobins im Blute bestimmt man entweder mittelst des Spectralapparates nach der Methode von Preyer, oder dadurch, dass man das mit Wasser verdünnte Blut mit einer reinen Lösung von Hämoglobin von bekanntem Gehalt in gleicher Dicke der Schicht vergleicht.

αα. Bestimmung der Hämoglobinmenge nach Preyer.

Das Princip, das dieser Methode zu Grunde liegt, sowie das Verfahren, das man dabei im Allgemeinen einschlägt, haben wir S. 338 schon abgehandelt. Die Methode Preyer's wurde durch Quincke [2]) vereinfacht. Anstatt nämlich, wie Preyer, das Blut in den Hoppe'schen Hämatinometern nach und nach mit Wasser zu verdünnen, bis dasselbe bei gleicher Dicke der Schicht in erforderlicher Weise verdünnt ist, ver-

---

[1]) Kunde. Ueber Krystallbildung im Blute. Zeitschr. für ration. Med. N. F. Bd. 2, S. 275. 1852.

[2]) Quincke. Ueber den Hämoglobingehalt des Blutes in Krankheiten. Virchow's Arch. Bd. 54, S. 538. 1872.

dünnt man nach Quincke das Blut von vornherein schon auf sein zehnfaches Volumen mit Wasser und füllt die Mischung in ein aus Spiegelglas zusammengesetztes Hohlprisma, das an seinem spitzen Ende 6 mm lichten Durchmesser hat. Dieses Prisma wird vor dem Spalte des Spectralapparates verschoben, und so successive immer dickere Flüssigkeitsschichten vor denselben gebracht; die Verschiebung des Prismas wird an einer Millimeterscala abgelesen.

Als constante Lichtquelle benutzt man eine gleichmässig brennende Stearinkerze. Um die Wahrnehmung des lichtschwachen Grüns zu erleichtern, wird der Kopf mit einem dunklen Tuche bedeckt und der rothe Theil des Spectrums im Ocular abgeblendet. Während der Beobachtung verschiebt man das Prisma, bis der grüne Streifen verschwindet und dann bis er bei umgekehrter Verschiebung wiederkehrt. Aus drei solchen Ablesungen wird das Mittel genommen.

Auf diese Weise fand Quincke in 100 g Menschenblut 14·1 bis 14·6 g Hämoglobin. Nach der Methode von Preyer ermittelte Subbotin[1]) in 100 Thln. Blut bei der Taube 11·52 bis 12·56, bei Kaninchen 7·10 bis 9·50, beim Hunde 9·37 bis 13·80 Hämoglobin. Wir[2]) fanden beim Hunde in 100 Thln. Blut 10·59 bis 11·28 Hämoglobin, in 100 g Körpergewicht fanden sich 0·690 und 0·791 g Hämoglobin.

bb. Bestimmung des Hämoglobins im Blute nach Hoppe-Seyler[3]).

Man stellt sich krystallisirtes Hämoglobin aus Hunde- oder am besten Meerschweinchenblut dar, reinigt es durch Umkrystallisiren, löst dann bei 0° und filtrirt. Von dieser concentrirten Lösung misst man 50 cbcm ab, lässt sie in eine Porcellanschale fliessen, verdunstet auf dem Wasserbade, dann im Luftbade bei 110° und wägt nach dem Erkalten über Schwefelsäure. Von der übrigen Lösung werden 10 cbcm mit 10 bis 60 cbcm Wasser verdünnt, die Mischung gut umgeschüttelt und als verdünnte Normallösung bezeichnet. Um mittelst dieser Lösung den Gehalt eines Blutes an Hämoglobin zu bestimmen, werden etwa 10 g Blut abgewogen und diese durch Zusatz von Wasser auf ein Volumen von 200 cbcm verdünnt. Von dieser verdünnten Blutlösung misst man 10 cbcm ab und bringt sie in ein Hämatinometer, ingleichen bringt man die verdünnte Normallösung in ein anderes Hämatinometer, stellt beide hinter einen Bogen weissen Papieres und lässt aus einer Bürette cubikcentimeterweise so lange Wasser unter stetem Umrühren in die Blutlösung fliessen, bis die Färbung beider Flüssigkeiten gleich geworden ist.

---

[1]) Subbotin. Einfluss der Nahrung auf den Hämoglobingehalt des Blutes. Zeitschr. für Biolog. Bd. 7, S. 187. 1871.

[2]) Spiegelberg und Gscheidlen. Untersuchungen über die Blutmenge trächtiger Hunde. Arch. für Gynäkolog. Bd. IV, S. 118. 1872.

[3]) Hoppe-Seyler. Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse S. 322. 1870.

Hat man z. B. 19·827 g defibrinirtes Blut durch Zusatz von Wasser auf 400 cbcm verdünnt und mussten zu 10 cbcm dieser Mischung 36 cbcm Wasser gesetzt werden, bis gleiche Farbe mit der Normallösung eintrat, so müssen zu den 400 cbcm Blutlösung 1440 cbcm Wasser gesetzt werden, bis sie die gleiche Farbe mit der Normallösung theilen. Da nun obige verdünnte Normallösung in 100 cbcm 0·132 g Hämoglobin enthält, so sind in 1840 cbcm Blutlösung von gleicher Färbung wie die Normallösung 2·428 g Hämoglobin enthalten. Da die Blutlösung aus 19·827 g bereitet ist, so enthalten demnach 100 Thle. Blut 12·24 g Hämoglobin.

Da die Hämoglobinlösung sich rasch zersetzt, so thut man nach unseren Erfahrungen gut, die Blutlösungen mit Kohlenoxyd zu behandeln, um das Hämoglobin in Kohlenoxydhämoglobin überzuführen, welches einer Zersetzung längere Zeit widersteht, oder man fertigt sich nach dem Vorgange von Rajewski [1]) Lösungen von Pikrocarmin an, welche einer bestimmten Menge Hämoglobin entsprechen. Zu dem Ende löst man Carmin in etwas Ammoniak und setzt so lange Prikrinsäure und Wasser zu, bis die Farbe einer Hämoglobinlösung von bekanntem Gehalte entspricht. Rajewski fertigte sich Lösungen an, deren eine 0·12 Proc., die andere 0·095 Proc. Hämoglobin entsprach.

Rajewski hat über die Genauigkeit der Methoden Preyer's und Hoppe-Seyler's eine vergleichende Prüfung angestellt. Aus je 30 diesbezüglichen Bestimmungen ergab sich, dass die colorimetrische Methode genauer ist als die spectroskopische.

Rajewsky fand z. B. in sechs Portionen desselben Blutes nach der Methode von Hoppe-Seyler und Preyer folgenden Hämoglobingehalt in 100 Thln. Blut:

Hoppe-Seyler'sche Methode		Preyer'sche Methode	
1.	13·28	4.	13·96
2.	13·13	5.	13·72
3.	13·20	6.	13·41

γ. Die optischen Eigenschaften des Hämoglobins ergeben sich vor dem Spectralapparate. Bringt man nämlich eine concentrirte mit Luft geschüttelte Hämoglobinlösung in einem Hämatinometer vor den Spectralapparat, so zeigt sich starke Lichtabsorption in allen Theilen des Spectrums mit Ausnahme des Roth; verdünnt man durch Zusatz von Wasser, so hellt sich zuerst das Spectrum bis zur Frauenhofer'schen Linie *D* im Gelb auf, und bei weiterer Verdünnung hellt sich das Spectrum zwischen *E* und *F* im Grün auf, bei noch weiterer Verdünnung erscheint das ganze Spectrum; es bleiben aber zwei dunkle Streifen zwischen den Frauenhofer'schen Linien *D* und *E* im Gelb und Grün zurück. Der äussere bei *D* liegende Streifen ist dunkler und schärfer begrenzt, als der bei *E*. Bei fortgesetzter Verdünnung mit Wasser ver-

[1]) Rajewsky. Zur Frage über die quantitative Bestimmung des Hämoglobingehaltes im Blute. Pflüger's Arch. Bd. 12, S. 71. 1876.

schwindet zuerst der bei *E* liegende, dann der bei *D*. Diese dunklen Linien werden Absorptionsstreifen oder Spectralbänder genannt; ihre Existenz entdeckte Hoppe-Seyler [1]).

Diese optischen Eigenschaften, welche man an Blutlösungen wahrnimmt, lassen sich auch an den ungelösten Blutkörperchen constatiren, wie gleichfalls zuerst Hoppe-Seyler beobachtete. Um sich hiervon zu überzeugen, entfernt man das Fernrohr von dem gewöhnlichen Spectralapparate, stellt ein Mikroskop möglichst nahe an das Prisma des Apparates und richtet dessen Hohlspiegel so, dass das Spectrum der Sonne oder einer Petroleumlampe durch denselben vertical nach oben durch die Oeffnung des Mikroskoptisches geworfen wird. Legt man nun eine dünne Blutschicht auf einem Objectträger über das Diaphragma, entfernt den Tubus des Mikroskopes und sieht senkrecht auf die Blutschicht hinab, so erkennt man beide Absorptionsstreifen auf das Deutlichste.

Auf diese Weise können auch die Blutkörperchen bei Anwendung von Objectiv und Ocular in den einzelnen prismatischen Farben untersucht werden, eine Methode, die Preyer [2]) zuerst angab. Von den sieben Spectralfarben erscheint im Gesichtsfeld des Mikroskopes das Gelb am hellsten, dann folgt dem Grade der Lichtstärke nach Orange, Roth, Grün, Violett, Blau und Indigo. Starke Vergrösserungen kann man nur bei gelbem, orange, rothem und grünem Lichte anwenden; das Gesichtsfeld bei den übrigen Farben ist zu dunkel um Beobachtungen zu gestatten. Stricker [3]) hat das Verfahren von Preyer dadurch verbessert, dass er die von dem Spiegel reflectirten Lichtstrahlen durch den sogenannten Densor zu einem reellen Bildchen sammelte. Ein solcher Densor ist jedoch meistentheils nur bei den grossen Hartnack'schen Mikroskopen vorhanden. Er steckt dann in einer Hülse und reicht, wenn er vollkommen eingeschoben ist, mit seiner freien Linsenfläche bis an die Ebene des Objecttisches. Da nun die Bildebene des Spectrumcollectives mit der Objectebene des Objectives zusammenfallen muss, so fand es Stricker für zweckmässig, statt des gewöhnlichen Objectträgers von Glas eine Objectplatte aus Holz, Hartkautschuk etc. zu nehmen, einen centralen Ausschnitt zu machen und über den letzteren ein Deckgläschen zu kitten. Auf dieses Deckgläschen legt man das Object und schiebt die Hülse des Densors soweit nach oben, dass derselbe über die Ebene des Tisches hinaus in den centralen Ausschnitt des undurchsichtigen Objectträgers hineinreicht; weiter schiebt man ihn so lange nach aufwärts, bis man, durch das Mikroskop blickend, Object und Spectralband gleich scharf sieht.

---

[1]) Hoppe-Seyler. Ueber das Verhalten des Blutfarbstoffes im Spectrum des Sonnenlichtes. Virchow's Arch. Bd. 23, S. 446. 1862.

[2]) Preyer. Ueber das Verhalten der Blutkörper und einiger Farbstoffe im monochromatischen Lichte. Arch. für mikrosp. Anatom. Bd. 2, S. 92. 1866.

[3]) Stricker. Untersuchungen im Mikrospectrum. Pflüger's Arch. Bd. I, S. 651. 1868.

Die Einstellung ist eine doppelte; die eine Hand an der Schraube stellt für das Object, die andere an der Hülse stellt für das Spectrum ein.

Das Spectrum erscheint um so grösser, aber um so lichtärmer, je stärker die Vergrösserung ist. Im Allgemeinen thut man daher gut, möglichst geringe Vergrösserungen anzuwenden. Wendet man stärkere Vergrösserungen an, so erscheint das Spectrum breiter als der Durchmesser des Gesichtsfeldes, und um es seiner ganzen Länge nach zu überblicken muss man den Spiegel drehen.

So einfach die eben abgehandelte Methode aussieht, so erfordert es doch immerhin einige Uebung, bis man Mikroskop und Densor in die Stellung bringt, in welcher das Maximum der Helligkeit erreicht wird.

An Stelle dieser mikrospectroskopischen Vorrichtung Stricker's, die einen Densor zur Voraussetzung hat, welcher sich nur bei grossen Hartnack'schen Mikroskopen findet, benutzt man in wohl eingerichteten Instituten eigene Instrumente, Mikrospectroskope genannt. Derartige Instrumente wurden von Browning, Hartnack, Zeiss und Merz construirt. Diese Instrumente besitzen das Gemeinsame, dass sie aus einem Prismensystem und zwei zu einem Oculare vereinigten Linsen bestehen, zwischen denen sich ein Spalt befindet, der durch eine seitlich angebrachte Schraube breiter und schmäler gemacht werden kann. Unter dem Spalte ist meist ein kleines rechtwinkliges Prisma angebracht, das durch eine seitliche Spalte Licht empfängt. Dasselbe wird nach oben gebrochen und tritt gleichzeitig mit dem Lichte, das von unten kommt, durch das Prismensystem, so dass also ein zweites Spectrum zur Vergleichung vorhanden ist. Das Prismensystem befindet sich oberhalb der Ocularlinse.

Die Prismen, die zu diesen Instrumenten benutzt werden, sind sogenannte geradsichtige Prismen, oder Prismen à vision directe. Dieselben wurden, wie Radau [1]) angiebt, von Amici zuerst angegeben und bestanden ursprünglich aus zwei Crownglasprismen, die ein Flintglasprisma von 90° zwischen sich schlossen. Durch diese Combination erleiden die Strahlen mittlerer Brechbarkeit keine Ablenkung; die grössere Dispersion des Flintglases wird durch das Crownglas nur zum Theil aufgehoben, so dass immer noch ein Spectrum übrig bleibt. Sieht man daher durch ein solches Prismensystem nach einer Lichtquelle, so erscheint ihr Spectrum in dieser Sehlinie. Um eine grössere Dispersion zu erzielen, verband Janssen [2]) zwei Flintglasprismen von 90° brechendem Winkel mit drei Crownglasprismen. Ein derartiges Prismensystem, wie solches sich z. B. in den Mikrospectroskopen von Merz [3]) findet, zeigt Fig. 277 (a. f. S.) in dreifacher Vergrösserung. Die drei inneren Prismen schliessen je einen

---

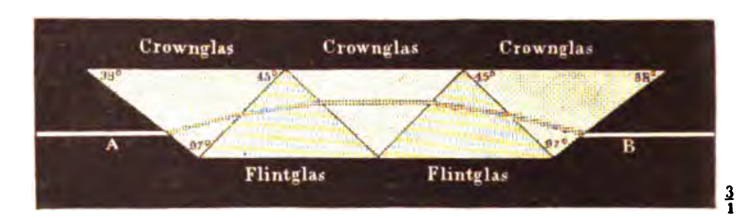
1) Radau. Bemerkungen über Prismen. Poggendorff's Annal. Bd. 118, S. 453. 1863.

2) Janssen. Note sur trois spectroscopes. Compt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences T. 55, pag. 576. 1862.

3) Merz. Spectralapparate für Mikroskope. Carl's Repertor. für Experimental-Physik Bd. 5, S. 390. 1869.

Winkel von 90° ein, die zwei äusseren haben je einen Winkel von 97°. Das erste, dritte und fünfte Prisma besteht aus Crownglas, das zweite

Fig. 277.



und vierte aus Flintglas. Die austretenden mittleren farbigen Strahlen *B* haben genau die Richtung der eintretenden *A*. Den Gang der Lichtstrahlen versinnlicht die theils helle theils punktirte Linie.

Zur Bestimmung der relativen Lage der Absorptionsstreifen sind in den Instrumenten von Browning und Zeiss besondere Messapparate angebracht, die wir am gegebenen Orte schildern werden. Haben die zu beobachtenden Präparate eine grössere Ausdehnung, so ist keine Objectivlinse nöthig. Von den verschiedenen Mikrospectroskopen sind vorzüglich die von Browning, die von Hartnack und die von Zeiss im Gebrauch. Jedes dieser Instrumente hat besondere Vorzüge, wie man aus ihrer Beschreibung erkennen wird.

aa. Das Mikrospectroskop von Browning[1]).

Dieses Instrument, Fig. 278, $1/2$ nat. Gr., besteht aus einem Rohr *A*, welches in seinem Inneren ein zweites Rohr *B* mit einem fünffachen Prismensystem à vision directe und eine achromatische Linse *L* enthält. Das Rohr *B* lässt sich mittelst eines in eine Zahnstange eingreifenden Triebes *D* so auf- und abbewegen, dass sich der Spalt *E* im Brennpunkte der Linse *L* befindet, folglich die durch den Spalt gehenden Strahlen nach ihrem Durchgange durch *L* parallel auf die Prismen fallen.

Der Spalt *E* kann mittelst zweier Schrauben verlängert oder verkürzt oder enger oder weiter gemacht werden.

Um das Spectrum mit dem gewöhnlichen Lichte oder dem Spectrum eines bekannten Stoffes vergleichen zu können, ist der Spalt *E* von einem Prisma *C* theilweise bedeckt. Auf dieses Prisma gelangen Strahlen durch den Spalt *K*, der sich in Mitte einer seitlichen Platte *F* befindet, auf der mittelst Einkerbungen am Rande und federnden Stahlbügeln Flüssigkeiten in Gläschen oder zwischen Glasplatten befestigt werden können. Zur besseren Beleuchtung dieser Flüssigkeiten, namentlich wenn man Lampenlicht anwendet, dient der Spiegel *I*, dessen Befestigungsweise die mannigfaltigsten Stellungen gegen die Spaltöffnung *K* gestattet. Wird

[1]) Browning. Spectrum apparatus for the microscope S. 1, 1870.

das Vergleichsprisma nicht gebraucht, so wird der Spalt K durch die bewegliche Schieberplatte N geschlossen.

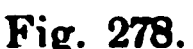
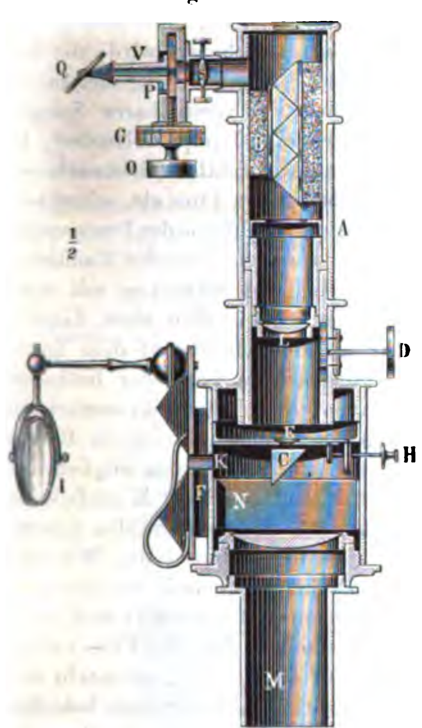


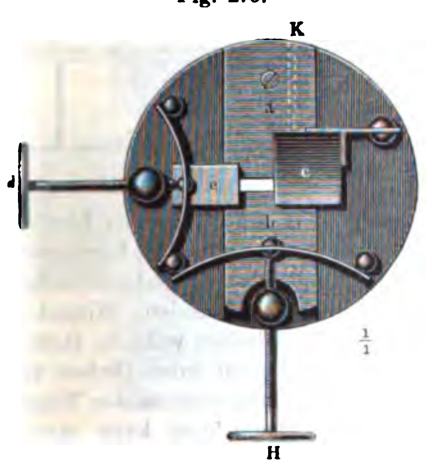
Fig. 278.



Um das Mikrospectrum zu gebrauchen, stellt man zunächst in der gewöhnlichen Weise das Mikroskop auf das Object ein, alsdann entfernt man das Rohr B mit den Prismen, steckt das Rohr M auf das Ocularrohr des Mikroskopes und erweitert den Spalt E durch Drehen der Schraube H so weit, dass man das Bild des Objectes deutlich sieht. Hierauf bringt man das Rohr B mit dem Prismensystem an seine Stelle und regulirt dessen Stellung gegen den Spalt durch die Schraube D, sowie die Weite des Spaltes selbst so lange, bis das Spectrum scharf begrenzt erscheint.

Die Einrichtung zur Regulirung des Spaltes erhellt aus Fig. 279, nat. Gr. Das Stück a ist fest, b dagegen ist mittelst der Schraube H und einer reagirenden Stahlfeder verschiebbar. Durch Drehen von H kann daher der Spalt weiter oder enger gemacht werden; um den Spalt zu verlängern oder zu verkürzen dient die Deckplatte e, welche durch die Schraube d bewegt wird. Wie man aus der Figur erkennt, bedeckt das Reflexprisma c einen Theil des Spaltes; die von der Seite bei K einfallenden Lichtstrahlen werden deshalb nach oben reflectirt.

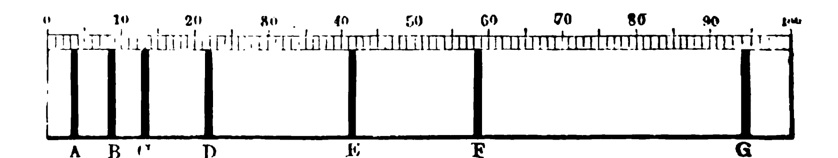
Fig. 279.



Um die Lage der Absorptionslinien festzustellen, ist

ein eigener Messapparat seitwärts an dem Rohre *A*, Fig. 278, ½ nat. Gr., angebracht. Derselbe besteht aus der Mikrometerschraube *O*, durch deren Umdrehung ein auf einem undurchsichtigen Glasplättchen *P* photographisch hergestellte durchsichtige feine Linie, oder ein durchsichtiges Kreuz oder ein durchsichtiger kleiner Rhombus verschoben wird; die Grösse der Verschiebung wird an der Mikrometertrommel *G* gemessen. Dem Glasplättchen *P* gegenüber befindet sich ein verstellbarer Spiegel *Q*, welcher, durch das Tageslicht oder durch eine Lampe beleuchtet, Licht in das Röhrchen *V* und damit durch die durchsichtige Lichtmarke in das Rohr *A* wirft. Damit das Bild der durchsichtigen Linie etc. scharf auf die unter einem Winkel von 45° geneigte oberste Endfläche des Prismensystems fällt, dient die verschiebbare biconvexe Linse *S*. Von der Endfläche des obersten Prismas wird das Bild reflectirt und gelangt so mit dem von unten her kommenden Spectrum in das Auge. Man sieht daher beim Drehen der Mikrometerschraube *O* die Lichtmarke auf dem Spectrum wandern. Um mittelst dieser Lichtmarke die Lage der beobachteten Absorptionslinien bestimmen zu können, muss die Mikrometertrommel mit den Frauenhofer'schen Linien des Sonnenspectrums in Beziehung gebracht werden. Dies geschieht in der Weise, dass man möglichst helles Tageslicht von unten durch das Rohr *M* und den Spalt *K* einfallen lässt, die Lichtmarke auf die einzelnen hauptsächlichsten dunklen Linien des Sonnenspectrums einstellt und den jeweiligen Stand der Mikrometertrommel notirt. Diese abgelesenen Zahlen trägt man in eine aus 100 gleichen Theilen bestehende Eintheilung ein und construirt sich auf diese Weise ein Spectrum. Hat man z. B. gefunden, dass die Frauenhofer'sche Linie *C* auf 13·1, *D* auf 21, *E* auf 42 etc. fällt, so macht man in diese Eintheilung Striche und bezeichnet dieselbe mit dem betreffenden Buchstaben, Fig. 280, nat. Gr. Mittelst einer solchen Eintheilung lassen

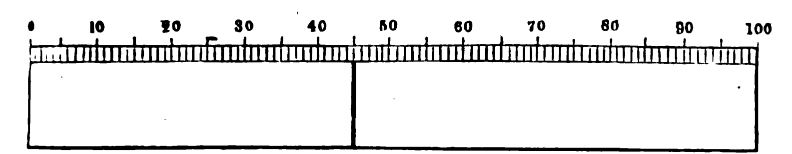
Fig. 280.



sich nun die Absorptionsstreifen einer jeden Flüssigkeit der Lage nach feststellen. Um die dunklen Linien, die durch ein Object hervorgerufen werden, nicht mit denen des Sonnenspectrums zu verwechseln, ist es besser zur Erzeugung des Spectrums Lampenlicht anzuwenden. Nimmt man nun in dem Spectrum einer Substanz dunkle Streifen wahr, so lässt man die Lichtmarke auf das Spectrum fallen und stellt durch Drehen von *O* dieselbe auf die Streifen ein. Die Lage derselben wird an der Trommeltheilung abgelesen. Zu weiterer Veranschaulichung kann man das Beobachtete noch in eine andere Theilung, die mit der obigen über

einstimmt, eintragen. Beobachtet man z. B. einen Absorptionsstreifen bei 45, so trägt man diesen bei der betreffenden Zahl ein, wie Fig. 281, nat. Gr., erläutert.

Fig. 281.

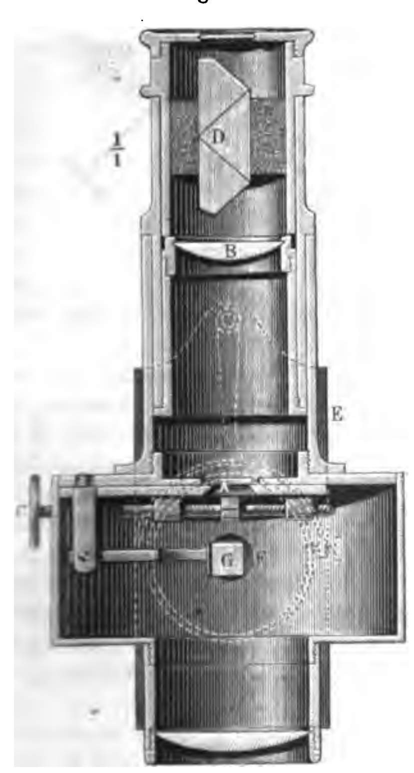


Hat man ein Band zu messen, so stellt man die Lichtmarke auf den Anfang und das Ende des Bandes ein.

bb. Das Mikrospectroskop von Hartnack.

Dasselbe besteht aus einem Oculare, in dessen Bildebene eine Spalte *A* Fig. 282, nat. Gr., und über dessen Ocularlinse *B* ein kleines Amici'sches Prisma à vision directe angebracht ist.

Fig. 282.



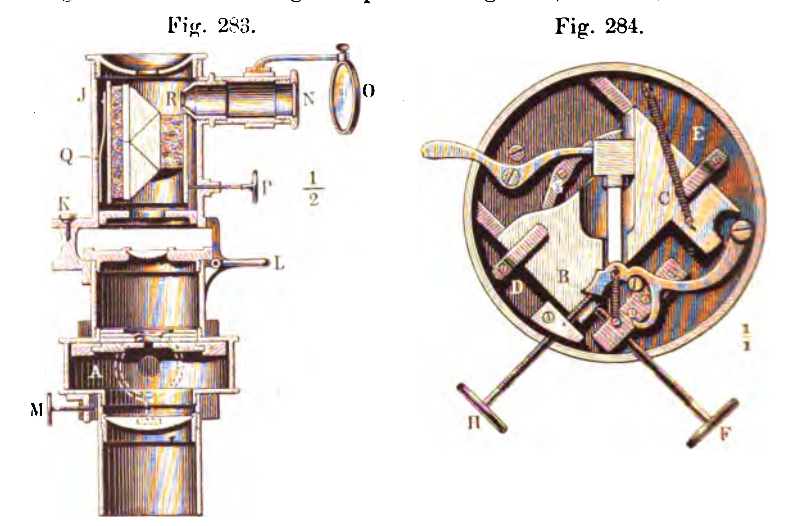
Die Spalte *A* wird durch Drehen der Schraube *C* vom Mittelpunkte gleichzeitig gleich weit entfernt, oder dem Mittelpunkte gleichzeitig gleich genähert, weil die Schraube *C* einander entgegengesetzte Windungen besitzt. Der Spalt kann so gross gemacht werden, dass es bei Abnahme des Prismas *D* möglich ist, die auf dem Objectträger befindlichen Gegenstände scharf zu sehen.

Zur Vergleichung mit dem Sonnenspectrum oder dem Spectrum einer Flüssigkeit dient das Prisma *G*. Dasselbe empfängt Licht durch die seitliche Oeffnung *F*, welche sich in der Mitte der an der Trommel seitlich angebrachten Platte *E* befindet, deren Umrisse in der Figur theilweise zu sehen sind. Auf diese Platte können Flüssigkeiten in Gläschen mit Klammern befestigt werden; zu intensiverer Beleuchtung derselben dient ein verstellbarer Spiegel, dessen Umriss in der Figur punktirt ist.

cc. Das Mikrospectroskop von Zeiss.

Dieses Instrument besteht aus einer flachen Trommel *A*, Fig. 283, 1/2 nat. Gr., welche zwischen Collectiv- und Ocularlinse eines Oculars eingeschaltet ist. Im Inneren dieser Trommel befinden sich die Gravesande'schen Schneiden, die Schrauben, welche dieselben einander nähern oder von einander entfernen, oder die den Spalt verkürzen oder verlängern, sowie das Vergleichsprisma. Fig. 284, nat. Gr., stellt einen

Fig. 283. Fig. 284.



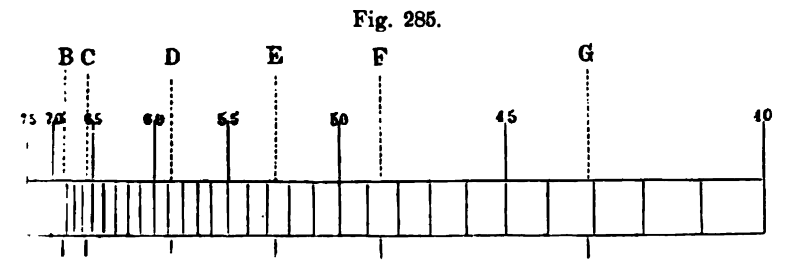
horizontalen Schnitt durch die Trommel dar. Die Gravesande'schen Schneiden werden durch zwei Metallplatten *B* und *C* gebildet, die in den Schienen *D* und *E* mittelst der Schraube *F* bewegt werden können. Beide Platten sind mit einander durch den Hebelarm *G* verbunden. Je nachdem man die Schraube *F* dreht, nähern oder entfernen sich beide Platten von einander. Damit dies gleichmässig geschieht, sind an der unteren Seite der Metallplatte Stifte angebracht, welche in Einschitte des um einen festen Punkt drehbaren Hebels *G* passen. Die Schraube *H* mit reagirender Federvorrichtung dient zur Regulirung der Länge des Spaltes.

Das Prismensystem befindet sich in der Hülse *J*, Fig. 283, 1/2 nat. Gr., die um den excentrischen Zapfen *K* drehbar ist und durch die Sperrklinke *L* in der Axe des Oculars gehalten wird. Nach Niederdrücken dieser Klinke lässt sich die Hülse um den Zapfen *K* zurückdrehen, so dass das Ocular frei wird.

Das Mikrospectroskop wird wie ein gewöhnliches Ocular in den Tubus eines Mikroskopes eingesteckt und an demselben mittelst der Klemmschraube *M* festgestellt. Alsdann bewegt man die Hülse *J* zurück, macht den Spalt durch geeignetes Drehen an den Schrauben *F* und *H* möglichst

gross, stellt auf das Object ein, bringt das Prismensystem auf das Ocular und regulirt mittelst der Schrauben F und H Länge und Weite des Spaltes so lange, bis das Spectrum scharf begrenzt erscheint.

Fig. 285.



Um die Absorptionslinien zu messen dient der an der Hülse J seitlich angebrachte Messapparat. Derselbe besteht aus einer feinen Scala, die sich auf der Platte N befindet und mittelst des Spiegels O auf das Spectrum projicirt wird. Die Scala, Fig. 285, lässt durch ihre Theilung und Bezifferung die Wellenlänge an jeder Stelle des Spectrums in Theilen des Mikromillimeters unmittelbar ablesen. Dieselbe ist nach den Messungen entworfen, die Ångström [1]) über die Länge der Lichtwellen anstellte. Ångström fand für die Wellenlängen der hauptsächlichsten Fraunenhofer'schen Linien folgende Werthe in Par. Zoll, die wir in Mikromillimeter umrechneten.

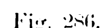
B	0·0000253973	Par. Zoll	= 0·6874	Mikromillimeter
C	0·0000242629	„ „	= 0·6567	„
D	0·0000217859	„ „	= 0·5894	„
E	0·0000194824	„ „	= 0·5273	„
F	0·0000179727	„ „	= 0·4865	„
G	0·0000159234	„ „	= 0·4310	„

Da die im Zeiss'schen Spectroskope befindliche Scala nach den von Ångström ermittelten Werthen gefertigt ist, so gestattet dieselbe eine absolute und allgemein gültige Lagebestimmung heller oder dunkler Linien im Spectrum durch directe Angabe ihrer Wellenlänge auszuführen. Die Theilung der Scala geht bis zu den Einheiten der zweiten Decimalstelle; durch Schätzung lässt sich noch die dritte bestimmen. Der Parallelismus der Scala mit dem Spectrum wird durch Drehen ihrer Fassung herbeigeführt. Die Scala muss so eingestellt werden, dass die Fraunenhofer'sche Linie D auf 0·589 trifft. Dazu dient die Schraube P und die derselben gegenüberstehende Feder Q.

1) Ångström. Neue Bestimmung der Länge der Lichtwellen, nebst einer Methode auf optischem Wege die fortschreitende Bewegung des Sonnensystems zu bestimmen. Poggendorff's Annal. Bd. 123, S. 493. 1864.

Da eine Veränderung des Abstandes zwischen der Scala und de Linse *R* den Werth der Scalentheile ändern würde, so müssen sehr kurz sichtige oder sehr weitsichtige Beobachter durch eine passende Brill oder durch ein auf die Hülse *I* gelegtes Brillenglas eine mittlere Seh weite herbeiführen, um die Theilstriche und die Ziffern der Scala vol kommen scharf zu sehen.

δ. Das Verhalten des Hämoglobins gegen Gase. Das Hämo globin geht mit einigen Gasen Verbindungen ein, die vor dem Spectra apparate charakteristische Erscheinungen zeigen. Es verbindet sich m Sauerstoff zu Sauerstoff- oder Oxyhämoglobin, mit Kohlenoxyd zu Kohlen oxydhämoglobin etc. Da das Blut beim Durchleiten von Gasen sehr sta schäumt, so wendet man bei derartigen Versuchen zweckmässig die vo Hermann [1]) angegebene Blutröhre an. Dieselbe besteht aus eine etwa 5 mm Lumen haltenden senkrecht stehenden Glasrohr, welches a einer oder zwei Stellen zu Kugeln erweitert ist und unten in einen nac oben steigenden, dann horizontalen Schenkel umbiegt; leitet man in di


Fig. 286.



sen Schenkel Gas in mässigem Strome ein, so wi das Blut in die Höhe getrieben, vertheilt sich an d Wänden des Rohres in dünner Schicht, sammelt si dann wieder im Knie, bis es vom Gase durchbroch und wieder in die Höhe getrieben wird u. s. w. kommt die geringe Menge Blut in grosser Obe fläche mit dem Gase in Berührung und die Einw kung geschieht mit grosser Schnelligkeit. Fig. 2 1/6 nat. Gr., zeigt die Röhre in Anwendung. Si grössere Mengen Blutes mit Gas im abgeschlossen Raume zu behandeln, so wählt man die Einrichtu die Exner [2]) bei seinen Versuchen über Ammoni entwickelung im faulenden Blute anwandte. M nimmt, um das Uebersteigen des Blutschaums be Durchleiten von Luft zu vermeiden, ein mit eng Halse versehenes birnförmiges Gefäss, das m sich durch Abschmelzen der Röhre eines gros Stechhebers verschafft, Fig. 286, 1/6 nat. Gr. Die n unten gehende Spitze enthält das Blut, während der weite Bauch für sich bildenden Blasen hinlänglich Raum bietet. Das Gefäss ist oben du einen Kork verschlossen; durch denselben gehen zwei Glasröhren, de eine bis an den Grund reicht, so dass die Gasblasen die ganze Bluts passiren müssen, deren andere oben unterhalb des Korkes endet und Gas weiter führt.

[1]) Hermann. Ueber die Wirkungen des Stickstoffoxydgases auf das B Archiv für Anat., Phys. und wissensch. Med. Jahrg. 1865, S. 471. 1865.

[2]) Exner. Ueber Ammoniakentwickelung aus faulendem Blute. Sitzungs der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 62, 2 A S. 365. 1870.

Das Oxyhämoglobin zeigt die beiden Absorptionsbänder, die wir S. 363 beschrieben haben; dieselben werden durch Zusatz von reducirenden Agentien wie Ammoniumsulphid, oder einer Mischung von Weinsäure, Eisenvitriol und überschüssigem Ammoniak, wie Stokes[1]) fand, zum Verschwinden gebracht, erscheinen aber bei Zutritt von atmosphärischer Luft oder Sauerstoff wieder. Statt der beiden Streifen tritt bei Zusatz reducirender Flüssigkeiten zu Hämoglobinlösungen ein breites Band auf, das von reducirtem Hämoglobin herrührt und Stokes'sches Absorptionsband genannt wird.

Leitet man in eine Oxyhämoglobinlösung Kohlenoxyd, so wird der Sauerstoff ausgetrieben und an seine Stelle tritt Kohlenoxyd, eine Thatsache, die zuerst Bernard[2]) fand. Das Kohlenoxydhämoglobin zeigt vor dem Spectralapparate ebenfalls zwei Absorptionsstreifen wie das Sauerstoffhämoglobin. Die beiden Streifen sind aber mehr nach dem Violetten verschoben; dieselben können durch Zusatz reducirender Substanzen, wie Ammoniumsulphid, der Stokes'schen Flüssigkeit nicht zum Verschwinden gebracht werden. Durch dieses Verhalten gegen genannte Flüssigkeiten kann man mit Leichtigkeit erkennen, ob man es mit Oxyhämoglobin oder Kohlenoxydhämoglobin zu thun hat.

Leitet man in eine Hämoglobinlösung Stickstoff, so bildet sich Stickoxydhämoglobin, wie Hermann[3]) zuerst beobachtete. Da aber das Stickoxyd mit Sauerstoff in Berührung gebracht sofort sich zu Stickstoffdioxyd oxydirt, so erfordert die Darstellung des Stickoxydhämoglobins eine besondere Versuchsvorrichtung. Der Sauerstoff der Oxyhämoglobinlösung muss vorher vollständig entfernt sein; man erreicht dies, indem man längere Zeit Wasserstoff durch die Hämoglobinlösung leitet. Zweckmässig verfährt man nach Hermann dabei folgendermaassen. Durch den Kork eines Glascylinders, dessen Boden mit Wasser bedeckt ist, gehen drei aussen rechtwinklig gebogene Röhren *A*, *B* und *C*, Fig. 287, $^1/_9$ nat. Gr. (a. f. S.). *A* reicht nur durch den Kork, *B* taucht ein wenig in das Wasser, *C* geht durch das Wasser bis auf den Boden; *A* ist mit dem oben erwähnten Blutrohr *D*, *C* mit dem Wasserstoffentwickelungsapparate verbunden. *B* ist durch einen Quetschhahn verschlossen und mit Wasser gefüllt. Dies geschieht dadurch, dass man *A* einen Augenblick klemmt, das durch *C* einströmende Gas treibt alsdann das Wasser in der Röhre *B* in die Höhe, und wird dort nach Anlegen eines Quetschhahns festgehalten. Das Blutrohr, durch welches fortwährend Wasserstoff strömt, ist am oberen Ende mit einem Wasserventil *E* verbunden, dessen Abflussröhre nach aussen geht.

---

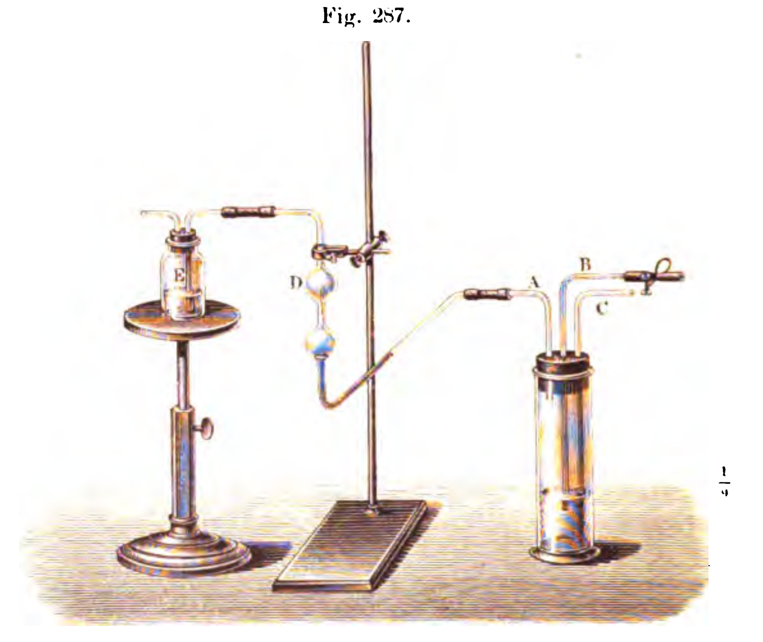
[1]) Stokes. On the reduction and oxidation of the colouring matter of the blood. The London, Edinburgh and Dublin philosoph. magaz. and journ. of science. Vol. XXVIII, pag. 391. 1864.

[2]) Bernard. Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses. pag. 165. 1857.

[3]) Hermann. Ueber die Wirkungen des Stickstoffoxydgases auf das Blut. Archiv für Anat., Phys. und wissensch. Med. Jahrg. 1865. S. 473. 1865.

Das Wasserventil hat die Form gewöhnlicher Waschflaschen, besteht also aus einem Glase, das durch einen Kork verschlossen ist, in dem zwei Glas-

Fig. 287.



röhren stecken; die eine geht bis auf den Boden und taucht in Wasser, die andere endet unterhalb des Korkes und leitet das Gas weiter.

Nachdem durch den Wasserstoff aller Sauerstoff aus dem Cylinder und aus dem Blute im Rohre ausgetrieben ist, wird das Rohr *B* mit dem Gasometer, welches Stickoxydgas, das man wohl am besten aus Kupfer und Salpetersäure ohne Erwärmen bereitet, enthält, verbunden und statt des Wasserstoffs Stickoxyd durch das sauerstofffreie Blut geleitet.

Das Blut kann nicht direct aus dem Rohre herausgenommen werden, da durch die nachdringende Luft sich sofort Stickstoffdioxyd bildet, welche das Blut in eine grünbraune schmierige Masse verwandelt. Man muss daher, um das Blut aus dem Apparate entfernen zu können, das Stickoxyd, das sich in dem Apparate befindet und nicht mit dem Hämoglobin sich verband, wieder durch Wasserstoff verdrängen. Der Wasserstoff übt keine Einwirkung auf die Blutfarbe aus.

Das so erhaltene Blut ist merklich dunkler als arterielles oder Kohlenoxydblut, nicht dichroitisch und zeigt zwei Absorptionsstreifen genau an derselben Stelle wie das Sauerstoffblut, aber viel weniger intensiv als bei diesem. Die beiden Absorptionsstreifen werden weder durch reducirende Mittel wie Ammoniumsulphid, noch durch Einleiten von Kohlenoxyd zum Ve

schwinden gebracht. Die Verbindung des Stickoxydhämoglobins ist fester als die des Kohlenoxydhämoglobins.

Das Hämoglobin geht weiter eine Verbindung mit Blausäure und Acetylen ein. Diese Verbindungen, das Cyanwasserstoffhämoglobin und Acetylenhämoglobin, sind leicht zersetzlich; die diesbezüglichen Beobachtungen und Versuche rühren von Hoppe-Seyler[1]), Bistrow und Liebreich[2]) her.

ε. Zersetzungsproducte des Hämoglobins. Wenn man eine Hämoglobinlösung bei gewöhnlicher Temperatur aufbewahrt oder eintrocknen lässt, so zersetzt sich dieselbe theilweise. Lässt man eine concentrirte Hämoglobinlösung bei 37° C. einige Zeit stehen, so bemerkt man, dass die Reaction bald sauer wird und der Säuregrad mit der Zeit zunimmt.

Fügt man zu einer Oxyhämoglobinlösung etwas Essigsäure, so schwinden die beiden Absorptionsstreifen und statt ihrer tritt ein Streifen im Roth bei der Frauenhofer'schen Linie *C* im Spectrum auf. Uebersättigt man die Lösung mit Aetzammoniak, so verschiebt sich der Absorptionsstreifen etwas nach der Linie *D* und befindet sich nun zwischen *C* und *D*. Zur Anstellung dieser Versuche empfiehlt es sich concentrirte Hämoglobinlösungen zu nehmen. Durch allmäligen Zusatz von Wasser kann dann jeder Zeit der Punkt leicht gefunden werden, wo sich diese Streifen am schönsten im Spectrum abheben.

Durch alle diese Vorgänge wird das Hämoglobin zersetzt; es spaltet sich in einen eisenhaltigen Farbstoff, den man Hämatin nennt, einen Eiweisskörper, den Hoppe-Seyler zu den Globulinen zählt, und flüchtige Fettsäuren, worunter Ameisensäure und Buttersäure bis jetzt nachgewiesen wurden.

Die bei der Zersetzung des Hämoglobins auftretenden Farbstoffe sind von vielen Autoren studirt und beschrieben worden; diese Untersuchungen gewähren jedoch wenig physiologisches Interesse, zumal da man nicht weiss, ob die dargestellten Pigmente chemisch reine Körper darstellen.

Von grosser praktischer Bedeutung ist die Zersetzung des Hämoglobins geworden, welche dasselbe beim Erwärmen mit Eisessig erleidet. Das bei dieser Zersetzung sich bildende Pigment, gewöhnlich nach seinem Entdecker, Teichmann's[3]) Hämin genannt, scheidet sich unter geeigneten Bedingungen in mikroskopisch ausgebildeten schwarzbraunen oder braunroth rhombischen Täfelchen oder gekreuzten platten rhombischen

---

[1]) Hoppe-Seyler. Beiträge zur Kenntniss des Blutes des Menschen und der Wirbelthiere. Dessen: Med.-chem. Untersuchungen S. 206. 1866 bis 1871.

[2]) Bistrow und Liebreich. Ueber die Wirkung des Acetylens auf das Blut. Bericht der deutsch. chem. Gesellsch. Jahrg. 1, S. 220. 1868.

[3]) Teichmann. Ueber die Krystallisation der organischen Bestandtheile des Blutes. Zeitschr. für ration. Med. N. F. Bd. 3, S. 384. 1853.

Nadeln aus. Diese Krystalle sind nach **Rollett**'s Beobachtungen doppeltbrechend und pleochromatisch.

Die Darstellung dieser Krystalle nimmt man am besten in der Weise vor, dass man eine ganz geringe Menge getrockneten Blutes mit einem kleinen Kochsalzkryställchen auf einem Objectträger zerreibt, das Pulver mit einem Deckgläschen bedeckt und unter dasselbe ein oder zwei Tropfen Eisessig zufliessen lässt. Hierauf erwärmt man über einer kleinen Flamme so lange, bis die Essigsäure anfängt Blasen zu werfen. Bringt man den Objectträger nach dem Erkalten unter das Mikroskop, so findet man das Sehfeld mehr oder minder erfüllt mit Häminkrystallen. Sind die Krystalle zu klein, so setzt man dem Präparate vom Rande des Deckgläschens her wieder etwas Essigsäure zu und wiederholt das Verfahren.

Flüssiges Blut liefert keine Krystalle; stets muss man trockenes Blut dazu verwenden.

Die Untersuchung der Krystalle auf ihr optisches Verhalten geschieht entweder zwischen gekreuzten Nicols im Polarisationsmikroskope oder nach **Rollett** [1]) mit Zuhilfenahme nur eines Nicols. Zwischen gekreuzten Nicols erscheinen die Krystalle abwechselnd hell und abwechselnd dunkel. Für jeden Krystall giebt es, wenn er einmal im Kreise gedreht wird, vier Azimuthe, in welchen er hell, und vier Azimuthe, in welchen er dunkel erscheint. Wendet man aber nur ein **Nicol**'sches Prisma an und dreht man die Krystalle langsam um 360°, so bemerkt man, dass die Krystalle viermal ihre Farbe wechseln. Es ist gleichgültig, ob man das **Nicol**'sche Prisma über dem Ocular oder unterhalb des Objectes anbringt.

c. **Die Grösse der rothen Blutkörperchen** ist bei verschiedenen Thieren verschieden. Die kleinsten gefärbten Blutkörperchen hat Moschus javanicus, die grössten nach **Riddel** Amphiuma tridactylum, wie **Brown-Séquard** [2]) mittheilt. Nach den Messungen, die **Welcker** [3]) an seinen Blutkörperchen ausführte, ist im Mittel aus 130 Bestimmungen

der Durchmesser des grössten Querschnittes = 0·00774 mm
der Dickendurchmesser = 0·00190 „

Die Messungen geschahen mittelst eines in das Ocular des Mikroskopes eingelegten Mikrometers, dessen Theilstriche bei einer 620fachen Vergrösserung 0·001723 mm von einander abstanden. Auf ein menschliches Blutkörperchen kamen mithin 4 bis 5 Abtheilungen; Zehntel einer Abtheilung konnten bei der grossen Feinheit der Striche der Theilung mit ziem-

---

[1]) **Rollett**. Ueber den Pleochroismus der Häminkrystalle, nebst einer kurzen Anleitung zur Untersuchung derselben. Wiener med. Wochenschr. Jahrg. 12, S. 345. 1862.

[2]) **Brown-Séquard**. Dimensions des globules du sang de l'Amphiuma Tridactylum. Journ. de la phys. de l'homme et des animaux, T. II, pag. 159. 1859.

[3]) **Welcker**. Grösse, Zahl, Volum, Oberfläche und Farbe der Blutkörperchen bei Menschen und bei Thieren. Zeitschr. für ration. Med. III. R. Bd. 20, S. 263. 1863.

licher Sicherheit abgeschätzt werden. Die Blutkörperchen waren in Serum suspendirt. Den störenden Bewegungen der Körperchen und der Serumverdunstung begegnet man dadurch, dass man den Rand des Deckgläschens sofort mittelst Canadabalsams verkittet.

Für nachfolgende Thiere ermittelte Welcker folgende Werthe:

I. Kreisförmige Körperchen.

Thiere	Zahl der gemessenen Blutkörperchen	Mittel aus diesen für den Durchmesser des grössten Querschnittes
Elephant	20	0·0094 mm
Hund	10	0·0073
Kaninchen	20	0·0069
Katze	20	0·0065
Schaf	20	0·0050
Ziege	20	0·0041
Moschus javan.	5	0·0025

II. Elliptische Körperchen.

Thiere	Zahl der gemessenen Blutkörperchen	Langer Durchmesser	Kurzer Durchmesser	Dicke
Lama	20	0·0080 mm	0·0040 mm	0·0016 mm
Taube	20	0·0147	0·0065	0·0025
Rana temp.	50	0·0223	0·0157	0·0036
Triton cristatus	20	0·0293	0·0195	0·0050

Die Aenderungen, welche die rothen Blutkörperchen in ihrer Grösse durch die verschiedensten Einflüsse erleiden, hat Manasseïn [1]) messend verfolgt.

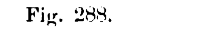
d. Die Zahl der Blutkörperchen, welche in einer bestimmten Menge Blutes enthalten ist, wird durch directes Zählen unter dem Mikroskope ermittelt. Dies kann entweder dadurch geschehen, dass man eine kleine Menge Blutes abmisst, dasselbe unter dem Mikroskope auf einem Objectträger in geeigneter Weise ausbreitet und in ihm die Blutkörperchen zählt oder dadurch, dass man ein bestimmtes Volumen Blut mit einem genau gemessenen Volumen Flüssigkeit verdünnt und in einem Bruchtheil dieser Mischung die Anzahl der Blutkörperchen ermittelt. Beide Wege hat man eingeschlagen. Vierordt gebührt das Verdienst zuerst eine Methode angegeben zu haben, die Zahl der Blutkörperchen in einem bestimmten Volumen Blut zu ermitteln. Diese Methode Vierordt's wurde von Welcker und in jüngster Zeit von Malassez modificirt.

---

[1]) Manasseïn. Ueber die Dimensionen der rothen Blutkörperchen unter verschiedenen Einflüssen S. 10 u. f. 1872.

α. Methode von Vierordt[1]). Das Blut, dessen Blutkörperchen gezählt werden sollen, wird in kleinen Glascapillaren von etwa 25 mm Länge und einem Durchmesser von 0·08 bis 0·18 mm aufgefangen. Um mit denselben leicht umgehen zu können sind sie in eine weitere Glasröhre mit Wachs eingefügt, Fig. 288, nat. Gr. *A* ist die Capillare, welche der weiteren Glasröhre *B* eingefügt ist. Die Capillaren sind nur dann zu gebrauchen, wenn sie auf eine Strecke von 5 bis 8 mm einen gleichen Durchmesser besitzen, wovon man sich mit dem Mikroskope überzeugt. Dieselben werden in das Blut, dessen Blutkörperchen gezählt werden sollen, nur ganz kurz eingetaucht, so dass das eingedrungene Blut in seiner Länge nicht mehr als 2 mm misst. Hierauf saugt man die Blutsäule 2 bis 3 mm in die Capillare hinein und bestimmt ihre Länge unter dem Mikroskope mittelst eines Glasmikrometers. Die Endpunkte der Blutsäule in der Capillare liegen wegen der Adhäsion des Blutes zum Glas nicht in einer Ebene, sondern bilden eine concave Fläche. Das Volumen der Blutsäule *V* ist demnach, wenn *L* die Entfernung der beiden concaven Flächen von einander bedeutet und $2r$ der Durchmesser der Capillare ist, zunächst:

Fig. 288.



$$V = r^2 \pi L.$$

Dazu kommt noch das Meniscusvolumen *M* auf beiden Seiten. Also ist

$$V = r^2 \pi L + 2 M.$$

Vierordt giebt nun eine Methode an, das Meniscusvolumen zu berechnen. Die Berechnung gründet sich auf die Vorstellung, dass das Meniscusvolumen einen Kugelabschnitt darstellt; allein es ergab sich später, dass dasselbe nur bei Röhrchen von gewisser Kleinheit diese Form besitzt. Bei etwas grösseren Capillaren stellt der Meniscus keinen Kugelabschnitt, sondern eine Umdrehungscurve dar, deren Form vom Röhrendurchmesser und der darin enthaltenen Flüssigkeit abhängig ist, worauf Schmidt[2]) die Aufmerksamkeit lenkte. Obwohl sich nun daraus ergiebt dass die Meniscusform eine sehr verschiedene und jeweilen von der Weite der Capillare abhängig ist, so macht man gleichwohl in Praxis die Annahme, dass der Meniscus einen Kugelabschnitt darstellt und dass sein Inhalt hinlänglich genau bestimmt ist, wenn man annimmt, dass dessen Radius $R = r$ ist, d. h. man zieht vom Inhalt eines Cylinders von

[1]) Vierordt. Neue Methode der quantitativen mikroskopischen Analyse des Blutes. Arch. für phys. Heilkunde Jahrg. XI, S. 29. 1852. Derselbe: Zählungen der Blutkörperchen des Menschen. Ibid. S. 327. Derselbe: Untersuchungen über die Fehlerquellen bei den Zählungen der Blutkörperchen. Ibid. S. 854. Derselbe: Beiträge zur Physiologie des Blutes. Ibid. Jahrg. XIII S. 277. 1854.

[2]) Schmidt. Ueber Vierordt's Methode der Blutanalyse. Zeitschrift für ration. Med. N. F. Bd. 2, S. 294. 1852.

Querschnitt $r^2\pi$, der Capillare, und der Höhe r, des Radius der Capillare, das Volumen einer Halbkugel vom Radius r ab. Also

$$r^3\pi - \frac{2}{3}\pi r^3 = \frac{1}{3}r^3\pi.$$

Die Differenz des Inhaltes eines in solcher Weise berechneten Meniscus vom wahren Meniscus ist sehr gering, wie man aus folgendem Beispiel erkennt. Berechnet, ergab sich der wahre Inhalt des Meniscus = 0·0007501 cbmm, unter der Annahme, dass $R = r$, war er = 0·0009710 cbmm. Wie man sieht, ist die Differenz gering. Für die Blutmenge, die zu einer Zählung nöthig ist, resultirt daraus ein Fehler von $^1/_{160}$ des Gesammtvolumens.

Der Act des Messens der Länge der Blutsäule muss bei unversehrtem Blute möglichst schnell geschehen, denn sonst gerinnt es.

In späterer Zeit benutzte Vierordt auch Capillaren, die mit Quecksilber calibrirt waren. Wie man das Calibriren zweckmässig vornimmt, geben wir bei der Welcker'schen Methode der Blutkörperchenzählung an.

Die kleine abgemessene Blutsäule wird nunmehr aus der Capillare auf einen Streifen Gummilösung, der sich auf einem Objectträger befindet, ausgeblasen und in demselben mittelst der Capillare ausgebreitet; beim Ausblasen giebt man besonders Acht, dass keine Luftbläschen sich beimischen; sollte dies der Fall sein, so hat man die Luftbläschen durch Hin- und Herrühren mit der Capillare zu vernichten. Hierauf bringt man ein kleines Tröpfchen Gummilösung in einiger Entfernung von dem Streifen auf das Objectglas, saugt davon etwas in die Capillare und bläst den Inhalt gleichfalls in einen Streifen aus. Auf diese Weise erhält man alles Blut aus der Capillare; man überzeugt sich hiervon durch das Mikroskop, ob sie frei von Blutkörperchen ist. Die Breite des Gummistreifens darf nicht mehr als etwa ein bis höchstens drei Sehfeldbreiten betragen. Die Blutkörperchen trocknen mit der Gummilösung rasch ein.

Statt dessen kann man auch so verfahren, dass man den gemessenen Inhalt einer grösseren Blutcapillare in eine gemessene Menge Flüssigkeit ausbläst, welche sich in einem Schälchen befindet. In dieser Flüssigkeit rührt man das ausgeblasene Blut $1^1/_2$ bis 2 Minuten gut herum, damit eine vollkommen gleichmässige Vertheilung erzielt wird. Als praktisch erwies sich eine Lösung von 2·25 g Zucker und 0·16 bis 0·17 g Kochsalz in 100 cbcm Wasser. Diese Flüssigkeit conservirt die Blutkörperchen sehr gut. Bei früheren Versuchen hatte sich Vierordt einer Eiweisslösung oder Gummilösung bedient, die vor dem Gebrauche filtrirt waren.

Aus dieser Mischung hebt man mittelst einer kleinen Capillare eine geringe Menge ab, saugt die Flüssigkeit etwas an, und bestimmt die Länge der Flüssigkeitssäule, wie oben angegeben. Alsdann bläst man den Inhalt der Capillare auf das Objectglas aus, indem man, wenn das Blut mit Gummi vermischt ist, mit der Capillare langsam über das Glas hinfahrt, so dass der Streifen möglichst lang wird. Ist die Capillare leer,

so wird sie mit einem Tröpfchen Gummilösung ausgespült. Hat man dagegen das Blut mit obiger Lösung, die Zucker und Kochsalz enthält, gemischt, so bringt man den Inhalt der Capillare auf einen Objectträger in Form eines Tröpfchens und setzt neben dieses Tröpfchen ein Minimum von Gummilösung; alsdann vermischt man beide Flüssigkeiten mittelst einer feinen Nadel, zieht sie in einen langen Streifen aus und lässt trocknen. Die Gummilösung, die man hierzu wählt, enthält zweckmässig 1 Thl. Gummi auf 4 bis 5 Thle. Wasser. Das Eintrocknen der Blutkörperchen auf dem Objectträger geht rasch vor sich.

Der getrocknete Blutstreifen wird mit einem quadrirten Glasmikrometer bedeckt und nun Carré für Carré durchgezählt. Um zu verhüten, dass beim Verrücken des Mikrometers Quadrate doppelt gezählt oder noch durchzuzählende übergangen werden, sind auf dem Objectträger, auf welchem das Blut eintrocknete, feine Linien eingeritzt, welche soweit von einander abstehen als die Länge der Mikrometertheilung beträgt. Grossen Vortheil gewährt ein beweglicher Objectträger, weil der Gegenstand beim Vorrücken immer genau im Focus bleibt.

β. Methode von Welcker[1]). Welcker hat die Methode Vierordt's in einigen Beziehungen modificirt. Die Modificationen beziehen sich auf die Gewinnung des Blutes, die Verdünnung und die Art des Zählens.

Die Gewinnung des Blutes geschieht mittelst einer calibrirten Pipette, die man sich aus einer Glasröhre mit starker Wandung selbst anfertigt. Zu dem Behufe wird eine Glasröhre ungefähr in der Mitte zu einer engen Spalte ausgezogen und mit einem vorläufigen Strich versehen; alsdann wird mittelst einer Glastrichterröhre, die knieförmig gebogen ist, in das untere Ende das zur Calibrirung dienende Quecksilber eingefüllt. Man lässt das Quecksilber bis zur Marke einlaufen und bezeichnet das untere Ende der Quecksilbersäule an der Glasröhre ebenfalls mit einer Marke. An dieser Stelle zieht man die Glasröhre in raschem Zuge aus. Hierauf füllt man wieder Quecksilber ein und schneidet die Glasröhre da ab, wo das Quecksilber endet. Durch wiederholte Einfüllung des nämlichen Quecksilbervolumens werden nun die Endmarken aufs Genaueste regulirt, indem man unter Umständen den ersten Strich weiter hinaufrückt. Denselben ersetzt man durch eine Siegellackmarke oder durch einen Demantstrich. Das obere Ende wird abgerundet. Eine solche Pipette zeigt Fig. 289, nat. Gr. *B* ist die Füllungsmarke. Eine derartige Pipette kann zur Abmessung von 0·1 bis 10 cbcm eingerichtet werden. Sehr zweckmässig ist eine Pipette von genau 1 cbcm Inhalt.

---

[1]) Welcker. Ueber Blutkörperchenzählung. Arch. des Vereins für gemeinschaftliche Arbeiten zur Förderung der wissensch. Heilkunde. Bd. I, S. 161 1854. Derselbe: Blutkorperchenzählung und farbeprüfende Methode. Vierteljahrschrift für die prakt. Heilkunde herausgegeben von der medicin. Facultat in Prag. Jahrg. XI, Bd. 4, S. 11, 1854.

Sofort nach dem Abmessen wird das Blut mit der 1500fachen Menge 0·6 proc. Kochsalzlösung verdünnt. Aus dieser Mischung entnimmt man das verdünnte Blut zum Zählen der Körperchen in calibrirten Capillaren. Dieselben müssen an ihren Enden sich etwas verjüngen und glatt abgeschliffen sein; sie sind zweckmässig etwa 60 mm lang und fassen einen Inhalt von 1·15 bis 1·30 cbcm. Dieselben werden mit einer Marke versehen, indem man sie auf einen Maassstab legt und 60 mm etwa von dem Rande entfernt einen aus Siegellack gebildeten Fleck anbringt, der ein mit der Längenaxe der Capillare liegendes Oblongum darstellt. Um mit der Capillare gut operiren zu können, steckt man sie in eine weitere Glasröhre.

Fig. 289.

$\frac{1}{1}$

B

Das Calibriren der Glasröhre geschieht in der Weise, dass man sie mit Quecksilber genau bis zur Füllungsmarke vollsaugt. Das Einbringen des Quecksilbers wird dadurch erleichtert, dass man das Schälchen mit Quecksilber schief stellt, so dass das Quecksilber den Rand des Schälchens stark überragt. Ist die Füllung gelungen, was wohl nicht auf das erstemal geschieht, so bläst man den Inhalt in ein kleines Schälchen, bestimmt die Zimmertemperatur und wiegt es. Es ist nothwendig, dass man von jeder Capillare 12 Füllungen macht, die in einem Schälchen gemeinsam gewogen werden. Bei der Berechnung des Inhaltes aus der Quecksilbermenge wolle man sich erinnern, dass 1 cbcm Quecksilber bei 0° 13·5959 wiegt und die Ausdehnung für 1° C. = 0·000180 ist, wie wir S. 72 angaben.

Hat man z. B. eine Capillare bei 15° C. gefüllt und das Gewicht des Quecksilbers von 12 Füllungen 0·4586 g betragend gefunden, so ist der Cubikinhalt der Capillare bei Zimmertemperatur $17^1/_2$° C. = 3·3821 cbmm, da 1 cc Quecksilber bei dieser Temperatur 13·5531 wiegt.

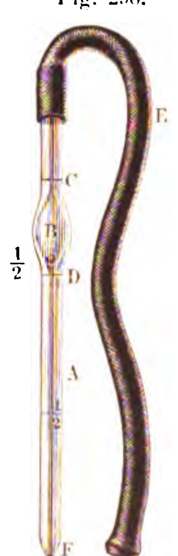
Diese calibrirten Capillaren füllt man mit dem verdünnten Blute genau bis zur Marke und lässt sie auf ein Deckgläschen unter fortwährendem Senken und Erheben auslaufen. Das Ausgelaufene wird mit einem Tröpfchen Gummischleim versetzt, und mittelst einer Insectennadel gut verrührt. Die der Mischung zu gebende Ausdehnung richtet sich nach der Menge des darin enthaltenen Blutes. Im Allgemeinen liegt kein Vortheil darin, den Fleck nicht gross zu machen; man macht den Fleck zweckmässig kreisrund mit einem Durchmesser von 2 bis 6 mm.

Ist das Präparat trocken, so wird das Deckgläschen mit der Präparatseite auf das Welcker'sche Zahlenmikrometer mit etwas Wachs fixirt und die einzelnen Blutkörperchen Carré für Carré abgezählt. Das hierbei in Anwendung kommende Zahlenmikrometer haben wir S. 18 genau beschrieben. Um 5000 Körperchen zu zählen, braucht man etwa 1 Stunde.

γ. Methode von Malassez[1]). Nach dieser Methode wird das Blut unmittelbar aus einem Blutgefäss oder einer Wunde in eine besondere Pipette aufgesogen und innerhalb derselben mit dem hundertfachen Volumen einer indifferenten Flüssigkeit verdünnt. Das verdünnte Blut wird in ein feines Capillarrohr von elliptischem Querschnitt, dessen Dimensionen genau bekannt sind, eingebracht, und in demselben die Zählung der Blutkörperchen direct unter Anwendung eines Oculargitters vorgenommen.

Die Pipette, Melangeur genannt, besteht aus einer Capillarröhre *A*, Fig. 290, 1/2 nat. Gr., in der eine bauchige Erweiterung *B* angebracht ist. *B* ist oben bei *C* und unten bei *D* mit einem Theilstriche versehen. Der dadurch abgegrenzte Raum fasst hundertmal so viel Flüssigkeit als die Capillare von *D* bis an die Spitze *F*. In *B* befindet sich ein kleines Glaskügelchen. An dem oberen Ende der Pipette ist ein Kautschukschlauch *E* angebracht.

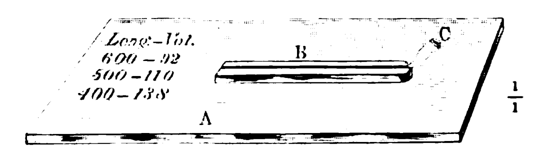
Fig. 290.



Beim Gebrauche taucht man die Pipette in einen Tropfen Blut oder eine Wunde und saugt behutsam am Kautschukschlauch die Capillare bis *D* voll Blut, alsdann trocknet man die Spitze der Pipette ab und taucht sie in eine Mischung, die aus 1 Thl. einer Gummilösung von 1·020 specif. Gewicht und 3 Thln. einer aus gleichen Theilen bestehenden Lösung von Natriumsulphat und Natriumchlorid von ebenfalls 1·020 specif. Gewicht bereitet ist. Während des Einsaugens der Mischung setzt man die Pipette in leicht rotirende Bewegung, neigt sie von einer Seite auf die andere, damit sich die Flüssigkeit mit dem Blute gut mischt. Ist die Flüssigkeit bis *C* gestiegen, so schüttelt man die Pipette; die in *B* befindliche Kugel wird dadurch in Bewegung gesetzt und trägt zur vollständigen Mischung des Blutes mit der Flüssigkeit beträchtlich bei.

Die Capillare, in welcher das Zählen der Blutkörperchen vorgenommen wird, befindet sich auf einer kleinen gläsernen Leiste *B*, Fig. 291, nat. Gr., unmittelbar unter deren oberer Fläche. Die Capillare

Fig. 291.



[1]) Malassez. Nouvelle méthode de numération des globules rouges et des globules blancs du sang. Arch. de phys. normale et pathologique T. I, pag. 32. 1874.

ist von elliptischem Querschnitt; der grösste Durchmesser ist etwa 0·250 mm, ihr kleinster 0·070 mm; die Länge beträgt etwa 3 cm, sie ist getheilt und genau calibrirt. Die Capillare geht an einem Ende in eine weitere Röhre *C* über, an welcher ein kleiner Kautschukschlauch angebracht werden kann. Die gläserne Leiste *B* ist auf einem gewöhnlichen Objectträger *A* aufgeklebt. Auf dem Objectträger sind Zahlen notirt. Auf dem, der sich im physiologischen Institute zu Breslau befindet,

Long. 600	—	Vol. 92
500	—	110
400	—	138

Diese Zahlen bedeuten, dass einer Länge von 600, 500, 400 Mikromillimetern ein Volumen von 92, 110, 138 tausendsteln Cubikmillimetern entspricht.

Um diese Zahlen verwenden zu können muss das Mikroskop, mit dem man arbeitet, mikrometrisch für seine verschiedenen Linsensysteme und Vergrösserungen ausgewerthet werden. Dies geschieht in der Weise, dass man ein Objectivmikrometer, bei dem 1 Millimeter in 100 Theile getheilt ist, ein Theilstrich somit 10 Mikromillimetern entspricht, auf den Objecttisch legt und in das Ocular ein Oculargitter bringt Nun zieht man den Tubus so lange heraus, bis die Endstriche des Oculargitters genau mit den Theilstrichen des Objectivmikrometers zusammenfallen, welche einer Ausdehnung von 600, 500, 400 Mikromillimetern entsprechen. An der jeweiligen Stelle, wo dies stattfindet, macht man einen Strich am Tubus. Natürlich gilt der Strich nur für ein bestimmtes Linsensystem.

Ist auf diese Weise das Capillarrohr für eine bestimmte Tubuslänge des Mikroskopes ausgewerthet worden, so bringt man in sie das in dem Melangeur verdünnte Blut. Dies geschieht dadurch, dass man ein Tröpfchen der Mischung an das freie Ende der Capillare hält, worauf meist von selbst die Flüssigkeit in die Capillare eindringt. Ist die Capillare fast vollständig gefüllt, so bläst man sie durch einen an *C* angebrachten Kautschukschlauch aus, füllt sie ein zweitesmal zu $^2/_3$ voll, wischt das an dem äusseren Ende haftende Blut sorgfältig weg und saugt die Flüssigkeitssäule in die Capillare weiter ein. Man legt nun diese unter das Objectiv, steckt das quadrirte Ocular in das Mikroskop und zählt von der ersten Linie angefangen rechts bis zur letzten Linie links Quadrat für Quadrat ab. Ereignet es sich, dass Blutkörperchen auf einem Theilstriche liegen, so muss man, damit man sie nicht zweimal zählt oder zu zählen vergisst, eine bestimmte Regel inne halten, sei es dass man sie sofort unmittelbar mitzählt oder dass man sie erst zählt, wenn man in das nächste Carré übergeht. Mit einer einzigen Zählung darf man sich nicht zufrieden geben; es ist vielmehr nothwendig, dass die Zählung wiederholt wird.

Das Zählen darf nicht an den Enden der Capillare geschehen, sondern muss in den mittleren Theilen vorgenommen werden. Ergiebt sich

aus der Vergleichung der verschiedenen Werthe eine Differenz von mehr als 5 Proc., so ist die Mischung in den Capillaren keine gleichmässige; das Blut muss dann noch einmal gemischt und die Capillare aufs neue gefüllt werden.

Als zweckmässig empfiehlt es sich dem quadrirten Oculare eine Stärke von 500 Mikromillimetern zu geben und mit Ocular 2 Hartnack oder Verick und System 5 Hartnack zu zählen.

Die erhaltene Zahl in der gewählten Länge der Capillare ist zu multipliciren mit der Zahl, welche das Volumen ausdrückt, in welcher die Zählung stattfand, also bei Benutzung der Strecke von 600 Mikromillimetern mit 92, von 500 Mikromillimetern mit 110 etc., dann weiter mit dem Gehalt der Mischung an Blutkörperchen. Das Product aus diesen Factoren giebt die Zahl der Blutkörperchen in einem Cubikmillimeter.

Hätte man z. B. gefunden, dass 304 Blutkörperchen in der Länge der Capillare vorkommen, welche 500 Mikromillimetern entspricht, was den 110ten Theil eines Cubikmillimeters ausmacht, und ist die Mischung im Verhältniss von 1 : 100 gemacht worden, so ist die Zahl der Blutkörperchen in einem Cubikmillimeter

$$304 \;.\; 110 \;.\; 100 = 3344000.$$

Das Blut zu den Untersuchungen kann man überall hernehmen. Worm Müller[1]) entzog es z. B. bei seinen Versuchen über Transfusion des Blutes, wobei er die Blutkörperchen zählte, aus den Lippen der Thiere mittelst einer lanzettförmigen Nadel.

Mittelst der Methode Malassez erhält man natürlich nur dann richtige Werthe, wenn Mischpipette und Capillare genau calibrirt sind. Die Calibrirung muss mit Quecksilber vorgenommen werden; man verfährt dabei wie wir bei der Welcker'schen Methode angegeben haben.

Grosse Sorgfalt ist auf das Reinigen des Apparates zu verwenden. Dieselbe muss mit destillirtem Wasser vorgenommen werden.

Anbei folgt eine kleine Zusammenstellung der Anzahl der Blutkörperchen, welche von verschiedenen Forschern in 1 Cubikmillimeter Blut ermittelt wurden.

Nach Vierordt enthält:

1 cbmm Blut vom Menschen	5 174 000	Blutkörperchen,
„ „ Kaninchen	2 759 000	„
„ „ Hunde	4 612 000	„

Welcker ermittelte nach seiner Methode für

1 cbmm Blut vom Menschen 4 620 000.

---

[1]) Worm Müller. Transfusion und Plethora S. 9. 1875.

Stöltzing[1]) nach derselben Methode

für Blut vom	Menschen	4 231 500
„ „ „	Rinde	5 073 000
„ „ „	Kaninchen	4 866 000
„ „ „	Huhn	3 864 000
„ „ „	Hund	4 984 900

e. **Die experimentelle Grundlage der Ansichten über den Bau der rothen Blutkörperchen** bildet die Beobachtung der Formveränderungen, welche die Blutkörperchen unter dem Einflusse mechanischer Eingriffe, elektrischer Reize, verschiedener Temperaturen und chemischer Agentien erleiden. Da die Methoden, die hierbei in Anwendung kommen, zum Theil schon in dem vorigen Capitel beschrieben wurden, so werden hier nur diejenigen Momente hervorgehoben, die sich speciell auf die Untersuchung der rothen Blutkörperchen beziehen.

α. Mechanische Einwirkungen. Ueber den Einfluss mechanischer Einwirkungen auf die Gestalt der Blutkörperchen haben vorzüglich Lindwurm und Rollett Studien angestellt.

Lindwurm[2]) mischte Blut mit sehr concentrirtem Gummischleim und sah nach Zusatz concentrirter Kochsalzlösung die Blutkörperchen sich zu langen theils geraden, theils spindelförmigen, an den Enden sich zuspitzenden Stäbchen umwandeln. Die nämliche Gestaltsveränderung rief Rollett[3]) hervor, als er defibrinirtes Blut mit einer bei 35 bis 36° C. schmelzenden Leimgallerte in gleichen Theilen mischte, und aus der steif gewordenen Masse feine Schnitte fertigte.

Welche Formen die Blutkörperchen beim Durchzwängen durch dünne Capillaren annehmen können, davon überzeugt man sich, wenn man den Kreislauf unter dem Mikroskope beobachtet. Welche Versuchsanordnung man dabei zu treffen hat, werden wir weiter unten, wo wir von den Erscheinungen des Kreislaufes unter dem Mikroskope handeln, angeben.

β. Einwirkung elektrischer Reize. Die Vorrichtungen, die man hierbei in Anwendung zieht, sind diejenigen, die wir S. 268 beschrieben haben. Die Aenderungen, welche die Blutkörperchen dabei erleiden, sind vorzüglich von Rollett[4]) und Neumann[5]) studirt worden.

---

[1]) Stöltzing. Ueber Zählung der Blutkörperchen, S. 17. 1856.

[2]) Lindwurm. Ueber eine eigenthümliche Formveränderung der Blutkörperchen. Zeitschr. für ration. Med. Bd. 6, S. 266. 1847.

[3]) Rollett. Versuche und Beobachtungen am Blute. Sitzungsber. der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 46. 2. Abth. 67. 1863.

[4]) Rollett. Versuche und Beobachtungen am Blute. Sitzungsber. der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 46, 2. Abth. 92 1863. Derselbe: Ueber die Wirkungen des Entladungsstromes auf das [illegible] Ibid. Bd. 47, 2. Abth. S. 356. 1863.

[5]) Neumann. Mikroskopische Beobachtungen über die Einwirkung elektrischer Ströme auf die Blutkörperchen. Arch. für Anat., Phys. und wissensch. Med. Jahrg. 1865. S. 676. 1865.

γ. Einwirkung thermischer Reize. Ueber den Einfluss von Wärme und Kälte haben vorzüglich Rollett und M. Schultze[1]) gearbeitet. Um die Blutkörperchen gefrieren zu lassen, bringt man sie in einen Platintiegel und setzt denselben in eine Frostmischung, wie wir S. 360 angegeben haben.

δ. Einwirkung chemischer Agentien. Um chemische Agentien auf Blutkörperchen einwirken zu lassen, verfährt man, wenn sie flüssig sind, wie wir S. 271 angegeben haben. Sind dieselben in Dampfform anzuwenden, so operirt man, wie wir S. 260 angaben. Den Einfluss concentrirter Harnstofflösungen zeigte Kölliker[2]), den von Borsäure Brücke[3]). Die Versuche Brücke's sind deshalb wichtig, weil genannter Forscher aus den Veränderungen, welche die elliptischen Blutkörperchen des Triton unter der Einwirkung 1- bis 2 proc. Borsäurelösung erleiden, die Lehre von dem Zooid und Oikoid aufstellte. Schneidet man nämlich Tritonen den Kopf ab und lässt das Blut direct in 1 proc. Borsäurelösung tropfen, so bemerkt man, dass die Blutkörperchen sich wie feiner Sand zu Boden setzen. Giesst man die überschüssige Borsäure ab und bringt etwas von dem Satze unter das Mikroskop, so sieht man, dass sich die meisten Blutkörperchen allmälig in zwei Stücke trennen, von denen das eine den Kern und die gefärbte Substanz enthält das andere dagegen vollständig farblos ist. Das erstere bezeichnet Brücke mit dem Namen Zooid, und das zweite mit dem Namen Oikoid, weil er das erstere Stück als den eigentlichen lebenden Leib des Elementarorganismus ansieht und das zweite Stück als ein Gehäuse, in welchem dieses Zooid während des Lebens steckt.

Die Einwirkung von Pyrogallussäure studirte Wedl[4]), die von Phosphorsäure Neumann[5]), der Alkalien und Säuren Kneuttinger[6]) und Rollett. Kommt es darauf an, das Verhalten der Blutkörperchen in allmälig immer mehr sauer werdender Flüssigkeit zu beobachten, so kann man mit Erfolg dies auf elektrolytischem Wege erreichen. Man braucht nur wie Rollett[7]) angiebt, die Blutkörperchen in einer Salz

---

[1]) Schultze. Ein heizbarer Objecttisch und seine Verwendung bei Untersuchungen des Blutes. Arch. für mikroskop. Anat. Bd. I, S. 32. 1865.

[2]) Kölliker. Ueber die Einwirkung einer concentrirten Harnstofflösun auf die Blutzellen. Zeitschr. für wissensch. Zool. Bd. VII, S. 183. 1856.

[3]) Brücke. Ueber den Bau der rothen Blutkörperchen. Sitzungsber. de mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 56. 2. Abtl S. 79. 1867.

[4]) Wedl. Ueber die Einwirkung der Pyrogallussäure auf die rothen Blu körperchen. Sitzungsber. der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. de Wissensch. Bd. 64, 1. Abth. S. 405. 1871.

[5]) Neumann. Zur Histologie der rothen Blutkörperchen. Centralbl. fü die med. Wissensch. Jahrg. 3, S. 481. 1865.

[6]) Kneuttinger. Zur Histologie des Blutes S. 28 und 39. 1865.

[7]) Rollett. Ueber die Zersetzungsbilder der rothen Blutkörperchen. Untersuchungen aus dem Laboratorium für Histologie und Physiologie in Graz S. 1870.

ıung zu suspendiren, und einen constanten Strom durch das Präparat leiten. An der positiven Elektrode scheidet sich die Säure ab. Die tensität der Säurebildung richtet sich nach der Stärke des angewandten romes. Kühne [1]) studirte den Einfluss der Galle, Stricker [2]) und ›llett den von Kohlensäure und Sauerstoff. Die Einwirkung von ıloroform auf die rothen Blutkörperchen untersuchte Böttcher [3]), den n Aether, Schwefelkohlenstoff und Alkohol Hermann [4]) etc.

2. Die farblosen Blutkörperchen.

Farblose Blutkörperchen finden sich sowohl im Blute der Wirbelıere als der Wirbellosen. Bei den Wirbelthieren finden sie sich neben n farbigen Blutkörperchen, bei den Wirbellosen bilden sie die einzigen rmelemente des Blutes. Die weissen Blutkörperchen sind verschieden Grösse und Gestalt; die grösste Anzahl derselben zeichnet sich durch s Vermögen aus, selbstständige Bewegungen zu machen, weshalb man ı auch amöboide Zellen genannt hat. Diese Thatsache ermittelte zuerst ieberkühn [5]).

Wir betrachten im Nachfolgenden die Gestalt der weissen Blutrperchen, handeln von der Bestimmung ihrer Menge und berichten n der Anstellung von Versuchen, aus denen ihre amöboide Natur erhellt.

a. Gestalt der farblosen Blutkörperchen. M. Schultze [6]) terscheidet im Blute des Menschen dreierlei Arten farbloser Blutzellen: gelige Zellen mit sehr zarter äusserer Begrenzung wenig körnig, deren össe die der rothen Blutkörperchen nicht erreicht. Neben diesen kommen etwas grössere Formen vor, die den Durchmesser der gewöhnlichen bigen Körperchen besitzen oder noch etwas unter demselben bleiben. diese reihen sich zellige Elemente an, die grösser sind als die farıen Blutkörperchen. Dieselben haben verschiedene Gestalt und zeichı sich durch ihre amöboiden Bewegungen aus; Kerne sieht man in en nur ausnahmsweise durchschimmern.

---

[1]) Kühne. Beiträge zur Lehre vom Icterus. Virchow's Arch. Bd. 14, S. 1858.
[2]) Stricker. Mikrochemische Untersuchungen der rothen Blutkörperchen. ger's Arch. Bd. I, S. 590. 1868. Derselbe: Untersuchungen im Mikrorum. Ibid. Bd. I, S. 654. 1868.
[3]) Böttcher. Ueber die Wirkung des Chloroforms auf das Blut. Vir's Arch. Bd. 32, S. 127. 1865.
[4]) Hermann. Ueber die Wirkungsweise einer Gruppe von Giften. Arch. Anat., Phys. und wissensch. Med. Jahrg. 1866, S. 29. 1866.
[5]) Lieberkühn. Ueber Psorospermien. Arch. für Anat., Phys. und wissenliche Med. Jahrg. 1854. S. 12. 1854.
[6]) Schultze. Ein heizbarer Objecttisch und seine Verwendung bei Untergen des Blutes. Arch. für mikroskop. Anat. Bd. I, S. 12. 1865.

Im Blute des Frosches unterscheidet **Rindfleisch**[1]) amöboi Zellen, stark lichtbrechende grob granulirte Körperchen- und Körnchen zellen, die sich durch ihre bedeutende Grösse und durch gelbe glänzend Körnchen in ihrem Inneren auszeichnen.

Die farblosen Blutkörperchen der Insecten studirten vorzüglich **Landois**[2]) und **Graber**[3]).

Die Untersuchung geschieht bei allen in den nämlichen Flüssigkeiten, in denen man die der rothen vornimmt.

b. Die Zahl der weissen Blutkörperchen in einem bestimmte Blutvolumen wird im Allgemeinen auf die nämliche Weise festgestel wie die der Blutkörperchen überhaupt, nur erleiden die Methoden dab eine kleine Modification; die Methode von **Malassez** deshalb, weil d farblosen Blutkörperchen in viel geringerer Menge vorkommen, die M thode von **Welcker**, weil die Unterscheidung der farblosen Blutkörpe chen von den gefärbten in dem eingetrockneten Gummi, dessen Anwe dung die Methode mit sich bringt, unmöglich ist.

Bei der Bestimmung der Zahl der farblosen Blutkörperchen komm es entweder darauf an, die relative Menge derselben zu den gefärbt festzustellen oder ihre absolute Menge in einem bestimmten Volum Blut zu ermitteln. Will man ersteres erzielen, so bringt man auf d **Welcker**'sche Zahlenmikrometer 1 Tropfen Verdünnungsflüssigkeit, da etwas Blut und rührt beides möglichst gleichmässig mit einer Na durcheinander, oder man mischt etwas Blut mit einer grösseren Men Verdünnungsflüssigkeit und bringt hiervon etwas auf das **Welcker**'sc Zahlenmikrometer und zählt in den verschiedenen Feldern die roth und weissen Blutkörperchen. Auf diese Weise fanden z. B. **Moleschott** und **Marfels**[5]), dass auf 357 rothe Blutkörperchen 1 farbloses komm **Hirt**[6]) untersuchte das Verhältniss der rothen und weissen zu versch denen Tageszeiten, indem er jedesmal vom Rande des Deckgläsch beginnend 120 Felder des Zahlenmikrometers von **Welcker** durchzäh

---

[1]) **Rindfleisch**. Experimentalstudien über die Histologie des B S. 21. 1863.

[2]) **Landois**. Beobachtungen über das Blut der Insecten. Zeitschr. wissensch. Zool. Bd. 14, S. 68. 1864.

[3]) **Graber**. Ueber die Blutkörperchen der Insecten. Sitzungsber. mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 64, 1. A S. 9. 1871.

[4]) **Moleschott**. Ueber das Verhältniss der farblosen Blutzellen zu farbigen in verschiedenen Zuständen des Menschen. Wiener med. Wochen IV. Jahrg. S. 117. 1854.

[5]) **Marfels**. Ueber das Verhältniss der farblosen Blutkörperchen zu farbigen in verschiedenen regelmässigen und unregelmässigen Zuständen Menschen. **Moleschott**'s Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen der Thiere. Bd. I, S. 63. 1857.

[6]) **Hirt**. Ueber das numerische Verhältniss zwischen weissen und ro Blutzellen. Arch. für Anat., Phys. und wissensch. Med. Jahrg. 1856, S 1856.

Kommt es darauf an, die absolute Menge der farblosen Blutkörperchen in einem bestimmten Volumen zu bestimmen, so verfährt man nach den Methoden von Welcker oder Malassez.

α. Methode von Welcker[1]). Wenn man nach dieser Methode die Zahl der farblosen Blutkörperchen in einem bestimmten Volumen Blut bestimmen will, so ist es nothwendig, dass vorher die rothen Blutkörperchen durch Zusatz von Wasser zerstört worden sind. Zu dem Ende lässt man 1 cbcm des frisch entleerten Blutes in 25 cbcm Wasser laufen, schüttelt gut um, nimmt aus dieser Mischung mittelst einer der oben beschriebenen Capillaren eine bestimmte Menge des verdünnten Blutes und vermischt es mit etwas Gummi auf dem Welcker'schen Zahlenmikrometer. Ist das Präparat eingetrocknet, so zählt man die farblosen Blutkörperchen, wie es oben für die rothen Blutkörperchen angegeben wurde, Carré für Carré ab.

β. Methode von Malassez[2]). Die Zählung der weissen Blutkörperchen geschieht nach dieser Methode in der nämlichen Weise wie die der rothen, nur wird das Blut statt in dem Verhältniss von 1 : 100, in dem Verhältniss von 1 : 50 verdünnt, weshalb die Pipette, Fig. 290, ½ nat. Gr., zweimal gefüllt werden muss.

Dabei verfährt man am besten so, dass wenn die Strecke *DF* gefüllt ist, man die Pipette aus dem Blutstropfen herausnimmt, etwas Luft aspirirt und nunmehr die zweite Einsaugung des Blutes vornimmt; hierauf bringt man die Pipette in die Verdünnungsflüssigkeit und saugt sie bis *C'* voll. Da die Zahl der farblosen weissen Blutkörperchen viel geringer als die der rothen ist, so muss eine grössere Strecke des elliptischen Capillarrohres durchzählt werden. Es empfiehlt sich deshalb die Blutkörperchen in der 10fachen Länge des Capillarrohres zu zählen. Die Zahl der weissen Blutkörperchen wird in der nämlichen Weise berechnet, wie die der rothen.

Hat man z. B. bei der Durchmusterung von 20 Gesichtsfeldern in denen 32 weisse Blutkörperchen gefunden, so sind in einem $\frac{32}{20} = 1 \cdot 6$, entspricht ferner ein Gesichtsfeld einer Länge von 0·5 mm und diese dem hundertsten Theil eines Cubikmillimeters, so ist die Zahl der weissen Blutkörperchen in 1 cbmm der Blutmischung

$$1 \cdot 6 \; . \; 100 = 160,$$

und ist endlich die Verdünnung im Verhältniss wie 1 : 50 gemacht worden, so ist die Zahl der weissen Blutkörperchen in 1 cbmm Blut

$$160 \; . \; 50 = 8000.$$

---

[1]) Welcker. Blutkörperchenzählung und farbeprüfende Methode. Vierteljahrschrift für die prakt. Heilk. herausgeg. von der med. Facultät in Prag. Jahrg. XI. Bd. IV, S. 30. 1854.

[2]) Malassez. Nouvelle méthode de numération des globules rouges et des globules blancs du sang. Archiv. de phys. normale et pathol. T. I, p. 45. 1874.

c. Versuche über die amöboiden Bewegungen der farblosen Blutkörperchen. Die amöboiden Bewegungen lassen sich sehr gut an den farblosen Blutkörperchen des Froschblutes studiren. Man sammelt zu dem Ende das Blut eines Frosches auf einem Uhrschälchen, lässt es gerinnen, löst den Blutkuchen mittelst einer Nadel von der Wandung des Uhrschälchens ab und bringt, sobald sich etwas Serum abgeschieden hat, einen Tropfen auf ein Deckgläschen und dieses auf einen heizbaren Objecttisch. Um die Verdunstung hintanzuhalten, bestreicht man das Deckgläschen am Rande mit Oel. Hat man das Mikroskop auf ein Körperchen eingestellt, so erwärmt man den Objecttisch. Sobald die Temperatur auf 36° und darüber steigt, sieht man das farblose Blutkörperchen Fortsätze aussenden etc.

Mischt man zu dem Blute fein vertheilten Carmin, Indigo, Anilinblau, Zinnober oder auch Milch, so nehmen die ämoboiden Zellen diese Farbstoffe in sich auf, eine Thatsache, die auf dem Objecttische Preyer[1]) zuerst zeigte.

Die nämlichen Versuche lassen sich auch mit frischem Menschenblute anstellen, das man sich z. B. durch Einstich in einen Finger verschafft, wie Schultze[2]) beobachtete.

Die Einwirkungen mechanischer Eingriffe auf die weissen Blutkörperchen studirte Stricker[3]), die elektrischer Reize Golubew[4]).

IV. Das Gesammtblut.

Die Bestandtheile des Blutes sind Wasser, fibrinogene und fibrinoplastische Substanz, Albumin, Hämoglobin, Harnstoff, Harnsäure, Kreatin Traubenzucker, Fette, verschiedene anorganische Salze, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Extractivstoffe. Von diesen Körpern ist nur von dem Hämoglobin bewiesen, dass es den rothen Blutkörperchen allein zukommt, die übrigen Stoffe finden sich sowohl im Plasma als auch in dem Blute. Neben diesen Stoffen findet man unter besonderen Umständen

---

[1]) Preyer. Ueber amöboide Blutkörperchen. Virchow's Arch. Bd. 30 S. 418. 1864.

[2]) Schultze. Ein heizbarer Objecttisch und seine Verwendung bei Untersuchungen des Blutes. Arch. für mikroskop. Anat. Bd. I, S. 18. 1865.

[3]) Stricker. Untersuchungen über das Leben der farblosen Blutkörperchen des Menschen. Sitzungsber. der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 55, Abth. 2. S. 178. 1867.

[4]) Golubew. Ueber die Erscheinungen, welche elektrische Schläge an den sogenannten farblosen Formbestandtheilen des Blutes hervorbringen. Sitzungsber. der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 57. Abth. 2 S. 555. 1868.

noch im Blute Ammoniak, Gallensäuren, Gallenfarbstoffe, Milchsäure, Leucin und Tyrosin.

Wie man das Albumin, die fibrinogene und fibrinoplastische Substanz und das Hämoglobin gewinnt und quantitativ bestimmt, haben wir oben schon erörtert. Wir haben daher hier nur eine Anleitung zu geben, wie man die übrigen Stoffe darstellt und ihre Menge bestimmt.

Wir handeln im Nachfolgenden von der Bestimmung des Wassers, der festen Stoffe und der anorganischen Salze, berichten hierauf von der Anfertigung von Alkohol und Aetherextracten, dann von dem Nachweise und der Bestimmung des Harnstoffs, der Harnsäure, des Kreatins und des Traubenzuckers, erörtern die Methoden und Apparate, die Gase aus dem Blute zu gewinnen und zu bestimmen, fügen hieran eine Anleitung die Körper nachzuweisen, welche sich unter abnormen Verhältnissen im Blute finden, wie Ammoniak, Gallensäuren, Gallenfarbstoffe, Milchsäure, Leucin und Tyrosin, handeln von den Beziehungen des Blutes zum Ozon und geben schliesslich ein Verfahren an, mittelst dessen untersucht werden kann, ob sich im Blute geformte Fermente finden.

1. Bestimmung des Wassers, der festen Stoffe und der anorganischen Salze.

Das Blut, in dem man das Wasser, die festen Stoffe und die anorganischen Salze bestimmen will, pflegt man vorher zu defibriniren. Das Defibriniren des Blutes geschieht, da Wasserverdunstung vermieden werden muss, in dem Apparate, den wir S. 327 beschrieben haben.

a. Bestimmung des Wassers und der festen Stoffe. 4 bis 5 g des im Hoppe-Seyler'schen Apparate defibrinirten Blutes werden in einem Porcellantiegel von bekanntem Gewichte abgewogen, dann auf dem Wasserbade abgedampft und schliesslich in einem Trockenofen bei 110° C. so lange getrocknet, bis bei wiederholter Wägung keine Gewichtsabnahme des Tiegels zu bemerken ist. Wie man die beim Wägen erhaltenen Zahlen zur Berechnung des Wassers und der festen Stoffe verwendet, möge ein Beispiel klar machen, das wir unseren Protokollen entnehmen.

Gewicht des Porcellantiegels mit Blut	18·702
„ „ „	14·627
Gewicht des Blutes	4·075

Nachdem das Blut bei 110° C. getrocknet ist, zeigt sich Folgendes:

Gewicht des Porcellantiegels mit dem getrockneten Blute	15·435
„ „ „	14·627
Gewicht des getrockneten Blutes	0·808

Da 4·075 g defibrinirtes Blut 0·808 feste Stoffe enthalten, so enthalten 1000 Thle. defibrinirtes Blut

$$\frac{0{\cdot}808 \ . \ 1000}{4{\cdot}075} = 198{\cdot}28.$$

Hat man den Faserstoff in dem Blute ebenfalls bestimmt und denselben etwa zu 2·15 in 1000 Thln. gefunden, so sind in 1000 Thln. Blut

$$\frac{0{\cdot}808 \ (1000 - 2{\cdot}15)}{4{\cdot}075} = 197{\cdot}85.$$

Um den Gesammtrückstand in 1000 Thln. undefibrinirten Blutes zu finden, muss das Gewicht des Faserstoffs addirt werden:

$$197{\cdot}85 + 2{\cdot}15 = 200{\cdot}0.$$

In 1000 Thln. Blut sind demnach enthalten:

Wasser	800·0
Feste Stoffe	200·0

Das Trocknen des Rückstandes geschieht in einem **Trockenschrank.** Einen solchen zeigt Fig. 291, $^1/_{10}$ nat. Gr. Derselbe besteht aus einem Kasten *A* von starkem Kupferblech, der oben mit zwei Oeffnungen versehen ist. Im Inneren des Kastens steht ein Drahtgestell *D*, auf welches die zu trocknenden Substanzen in Uhrschälchen, Porcellantiegeln etc. gesetzt werden. Das Erhitzen geschieht mittelst einer Gaslampe. Die Temperatur des Kastens wird durch das Thermometer *E* gemessen, die Constanz derselben wird mittelst des Regulators *G* erzielt.

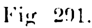
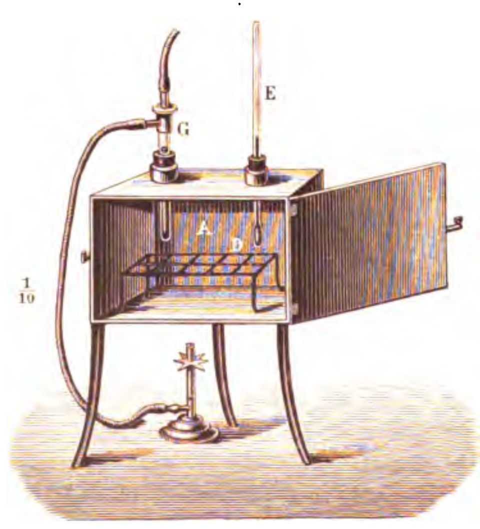


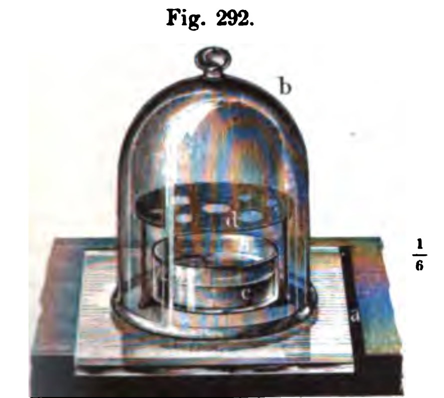
Fig. 291.



Der getrocknete Rückstand wird erst dann gewogen, wenn derselbe vollständig abgekühlt ist. Damit derselbe aber nicht während dieser Zeit Feuchtigkeit anzieht, bringt man das Gefäss, in dem man trocknete, unmittelbar vom Luftbade in einen sogenannten **Exsiccator.** Es ist dies entweder eine Glasglocke mit eben geschliffenem Rande, Fig. 292, $^1/_6$ nat. Gr., in der sich eine Vorrichtung *d* zur Aufnahme von Tiegeln, Schalen etc. und ein mit Schwefelsäure gefülltes Gefäss *c* befindet, oder ein Glasgefäss, Fig. 293, $^1/_8$ nat. Gr., das mit einem dichtschliessenden, mit Fett bestrichenen Deckel versehen ist und Calciumchlorid enthält.

b. Bestimmung der Menge der anorganischen Salze. Zur Bestimmung der Menge der anorganischen Salze wird der auf obige Weise erhaltene Rückstand in einem Porcellantiegel über einer kleinen

Fig. 292.



1/6

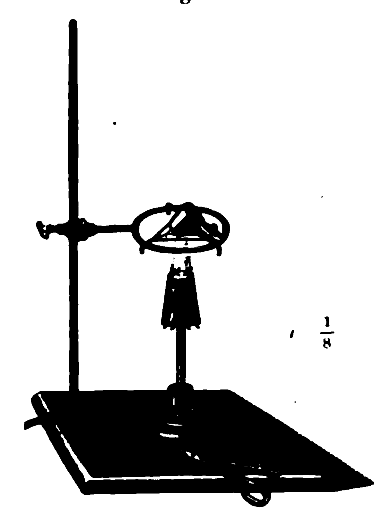
Fig. 293.



1/8

Gaslampe zuerst vorsichtig verkohlt und dann so lange in dunkler Rothgluth erhalten, bis alle Kohle verbrannt und der Rückstand braunroth geworden ist. Man lässt erkalten und wägt. Nach Abzug des Gewichtes des Porcellantiegels erhält man das Gewicht der anorganischen Salze oder der Blutasche.

Fig. 294.



1/8

Das Verbrennen der Kohle wird wesentlich befördert, wenn man dem Tiegel eine geneigte Stellung giebt und den Luftzutritt durch schräges Daranlegen des Deckels begünstigt, wie Fig. 294, $^1/_8$ nat. Gr., versinnlicht. Anbei ein Beispiel der Berechnung.

Gewicht des Platintiegels und der Blutasche	15·031
Gewicht des Platintiegels . .	14·627
Gewicht der anorgan. Salze	0·404

In 1000 Thln. des obigen Blutes sind demnach enthalten:

$$\frac{0{\cdot}404\ (1000 - 2{\cdot}15)}{4{\cdot}075} = 9{\cdot}89$$

anorganische Bestandtheile, oder in 1000 Thln. defibrinirten Blutes

$$\frac{0{\cdot}404\,.\,1000}{4{\cdot}075} = 9{\cdot}91$$

anorganische Bestandtheile.

Diese Methode der Blutaschebestimmung wird für die meisten Zwecke genügen. Kommt es jedoch darauf an, ein ganz genaues Resultat zu erzielen, so verkohlt man den getrockneten Rückstand des Blutes, zieht die Kohle mit kochendem Wasser aus, filtrirt durch ein kleines Filterchen von bekanntem Aschegehalt, laugt die Kohle mit heissem Wasser nochmals aus und trocknet schliesslich Filterchen und verkohlten Rückstand im Platintiegel. Auf diese Weise erhält man im Wasserextract die in Wasser löslichen Salze und auf dem Filtrum die in Wasser unlöslichen Salze. Verdampft man nun das Wasserextract auf dem Wasserbade und glüht den Rückstand und glüht man ebenso die auf dem Filterchen gebliebene Kohle, so giebt die Summe der Gewichte beider Rückstände nach Abzug der Filterasche das Gewicht der anorganischen Bestandtheile.

c. Bestimmung der Menge der in Wasser unlöslichen und löslichen anorganischen Bestandtheile. 20 bis 30 g Blut werden gewogen, auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft, der Rückstand gepulvert und in einem Porcellantiegel bei mässiger Hitze verkohlt. Die erhaltene Kohle wird mit heissem Wasser extrahirt und das wässerige Extract durch ein kleines aschefreies Filterchen filtrirt. Das Extrahiren mit Wasser wiederholt man so lange, bis ein Tropfen des Filtrates auf Platinblech verdampft keinen Rückstand mehr hinterlässt. Zu der in dem Tiegel rückständigen Kohle bringt man das Filterchen sammt dem Inhalte, erhitzt zur Rothgluth bis alle Kohle verbrannt ist und wägt nach dem Erkalten. Das Gewicht des geglühten Rückstandes giebt die Menge der unlöslichen Salze in dem in Anwendung gezogenen Blute an.

Das Wasser, das zur Extraction der Kohle verwandt wurde, wird auf dem Wasserbade in einem gewogenen Porcellanschälchen verdampft der Rückstand zur Rothgluth erhitzt und gewogen. Das Gewicht dieses Rückstandes giebt die Menge der in Wasser löslichen Salze an.

2. Anfertigung von Alkohol- und Aetherextracten aus dem Blute.

In vielen Fällen ist es wünschenswerth, die Menge der in Alkohol löslichen Bestandtheile, der sogenannten Extractivstoffe und der in Aether löslichen Bestandtheile, zu bestimmen. Wie man dabei verfährt, geben wir anbei an.

a. Anfertigung von Alkoholextracten. Man trocknet 5 bis 10 g defibrinirtes Blut im Trockenschrank bei 110 bis 120°, zerreibt den Rückstand, übergiesst ihn in einem Becherglase mit reinem Alkohol und lässt an warmem Orte etwa 1 Stunde bedeckt stehen. Hierauf giesst man den Alkohol ab und schüttet neuen auf das Blut. Dies wiederholt man so lange bis der Alkohol nichts mehr aufnimmt, d. h. bis einige Tropfen desselben auf einem Uhrschälchen verdunstet keinen Rückstand mehr

hinterlassen. Die alkoholischen Extracte werden nun allmälig in ein gewogenes Schälchen eingetragen, das sich auf einem Wasserbade befindet, und der Alkohol verdunstet.

Das in dem Schälchen bleibende Residuum enthält die in Alkohol löslichen Bestandtheile. Das Schälchen wird bei 110° C. bis zum constanten Gewichte getrocknet und gewogen. Das Gewicht nach Abzug des Gewichtes des Schälchens giebt die Menge der in Alkohol löslichen Bestandtheile, die in der in Anwendung gezogenen Menge Blutes enthalten sind. Das erhaltene Gewicht wird auf 1000 Thle. Blut berechnet.

b. **Bestimmung der in Aether löslichen Bestandtheile.** 10 bis 15 g defibrinirten Blutes werden abgewogen, auf dem Wasserbade abgedampft und der Rückstand im Trockenofen bei 120° C. so lange getrocknet bis keine Gewichtsabnahme mehr stattfindet. Nachdem das Gewicht bestimmt ist, wird der Rückstand in einer Reibschale pulverisirt, das Pulver in eine geräumige Flasche gebracht und mit Aether übergossen. Nachdem man eine Stunde etwa hat stehen lassen, giesst man den Aether ab, fügt neuen zu dem Pulver und fährt damit so lange fort, bis einige Tropfen in einem Uhrschälchen auf dem Wasserbade verdunstet keinen Rückstand mehr hinterlassen. Die ätherischen Extracte werden in einem gewogenen Porcellanschälchen allmälig verdunstet, der Rückstand bei 70° C. getrocknet und gewogen. Das Gewicht desselben wird auf die festen Stoffe und das Gesammtblut berechnet. Hat man z. B. 12 g Blut abgewogen und in diesen 2·496 feste Bestandtheile gefunden, was auf 1000 Thle. Blut 208 g beträgt, ist ferner das Gewicht des Rückstandes aus den ätherischen Auszügen = 0·004 g, so sind in 1000 Thln. Blut 0·333 g in Aether lösliche Bestandtheile enthalten, da

$$\frac{0{\cdot}004 \,.\, 208}{2{\cdot}496} = 0{\cdot}333.$$

Auf diese Weise fand z. B. Jüdell [1])

in 15·8537 g	festen Stoffen von	Menschenblut	0·1524 g	Aetherrückstand
„ 5·4133 „	„ „ „	Hundeblut	0·0509 „	„
„ 20·1329 „	„ „ „	Gänseblut	0·1907 „	„

3. Die Bestimmung des Harnstoffs.

Zum Nachweise des Harnstoffs im Blute bedient man sich entweder der Methode von Picard, mit der Modification, die dieselbe durch Meissner erfuhr, oder der Methode von Bunsen, deren Anwendbarkeit für die Harnstoffbestimmung im Blute Munk erprobte.

---

1) Jüdell. Zur Blutanalyse. Hoppe-Seyler. Medicinisch-chemische Untersuchungen S. 389. 1866 bis 1871.

a. **Methode von Moissner**[1]). Man verdünnt eine abgewogene Menge Blutes mit etwa der vierfachen Menge Wassers, säuert mit verdünnter Schwefelsäure an und entfernt durch Aufkochen die Eiweisskörper. Das vollkommen klare Filtrat wird auf etwa die Hälfte abgedampft, mit Barytwasser versetzt, um die Sulphate und Phosphate zu fällen, filtrirt, aus dem Filtrate der überschüssige Baryt durch Schwefelsäure unter Vermeidung jeden Ueberschusses entfernt, auf ein kleines Volumen eingedampft und dieses mit absolutem Alkohol extrahirt. Das Extract wird filtrirt, der Alkohol verjagt und der Rückstand in Wasser gelöst. Hierauf wird Quecksilbernitrat zu der sauer reagirenden Flüssigkeit gesetzt, wodurch die Extractivstoffe grösstentheils entfernt werden, der Niederschlag abfiltrirt, das Filtrat durch Zusatz von Natriumcarbonat alkalisch gemacht, aufs neue verdünntes Quecksilbernitrat zugesetzt, bis ein Tropfen mit Natriumcarbonat zusammengebracht gelbe Färbung zeigt. Nach dem Absetzenlassen des Quecksilberniederschlages wird filtrirt, mit Wasser ausgewaschen, der Rückstand, der ganz weiss aussieht, in Wasser zertheilt und mit Schwefelwasserstoff das Quecksilber entfernt. Das Filtrat wird auf ein kleines Volumen eingeengt und in der Kälte mit etwas concentrirter Salpetersäure versetzt. Nach einiger Zeit scheidet sich der Harnstoff in Krystallen aus, die filtrirt über Schwefelsäure verdunstet, getrocknet und als salpetersaurer Harnstoff in Rechnung gebracht werden. Mittelst dieser Methode bestimmten wir [2]) den Harnstoffgehalt im Blute von Hunden bei verschiedener Nahrung. Wir fanden z. B. bei einem Hunde, der reichlich mit Fleisch gefüttert war,

in 100 Thln. Blut aus der Carotis . . . . . . 0·024 g Harnstoff,
„ „ „ „ „ „ Cava inferior . . 0·024 „ „
„ „ „ „ „ „ Lebervene . . . . 0·020 „ „
„ „ „ „ „ dem rechten Herzen 0·030 „ „

Die Bedenken, die von Treskin [3]) und Pekelharing [4]) gegen diese Methode erhoben wurden, finden darin ihre Erledigung, dass wir, als wir zu 59 cbcm Blut 0·081 g Harnstoff setzten, aus diesem Blute, das, wie aus einer Vergleichsanalyse hervorging, 0·024 g Harnstoff in 100 Thln. enthielt, nach Abzug der den 59 cbcm Blut eigenthümlichen Harnstoffmenge 0·079 g Harnstoff wieder gewannen.

b. **Methode von Bunsen** [5]). Diese Methode gründet sich darauf, dass Harnstoff in alkalischer Lösung beim Erhitzen auf 180 bis 200° C.

[1]) Meissner. Beiträge zur Kenntniss des Stoffwechsels. Zeitschrift für rationell. Med. III. R. Bd. 31, S. 235. 1868.

[2]) Gscheidlen. Studien über den Ursprung des Harnstoffs. S. 38. 1871.

[3]) Treskin. Ueber die Anwendbarkeit der Methode zur Harnstoffbestimmung von Bunsen für das Blut. Virchow's Arch. Bd. 55, S. 491. 1872.

[4]) Pekelharing. Ueber die Harnstoffbestimmung. Pflüger's Arch. Bd. 11, S. 602. 1875.

[5]) Bunsen. Ueber quantitative Bestimmung des Harnstoffs. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 65, S. 375. 1848.

in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt. Schmilzt man darum eine wässerige Harnstofflösung und eine ammoniakalische Baryumchloridlösung in eine Glasröhre ein und erhitzt diese in einem Oelbade auf obige Temperatur, so kann man aus der gebildeten Kohlensäure resp. aus dem Gewichte des entstandenen Baryumcarbonates durch Rechnung die Menge des Harnstoffs finden, welche sich in Lösung befand.

Munk [1]) wandte diese Methode zur Bestimmung des Harnstoffgehaltes im Blute und in thierischen Geweben an. Will man nach dieser Methode verfahren, so entfernt man zunächst die Eiweisskörper aus dem Blute, sei es durch Coagulation in der Hitze, sei es durch Zusatz von Alkohol, und verdampft die wässerigen oder alkoholischen Extracte, wobei man stets darauf sieht, dass die Reaction derselben sauer bleibt, auf dem Wasserbade zur Trockene. Der Rückstand wird mit absolutem Alkohol extrahirt, filtrirt und nach Verjagung des Alkohols in wenig Wasser gelöst. Die Lösung wird durch Zusatz von Natriumcarbonat alkalisch gemacht und mit Quecksilbernitrat so lange versetzt, bis eine Probe des Niederschlages mit Natriumcarbonat zusammengebracht gelbe Färbung zeigt. Der abfiltrirte und sorgfältig ausgewaschene Niederschlag wird in Wasser vertheilt, mit Schwefelammonium zersetzt, filtrirt, das Filtrat, wenn nöthig nach vorgängiger Einengung, mit concentrirter ammoniakalischer Baryumchloridlösung, die man durch Sättigen von starkem Ammoniak mit Baryumchlorid erhält, versetzt und unter sorgsamer Cautele vor dem Zutritte von Kohlensäure aus der Luft in eine trockene Kaliglasröhre filtrirt. Diese Röhre wird sofort zugeschmolzen und in einem Oelbade mehrere Stunden lang auf 180 bis 200° C. erhitzt. Nach dem vollständigen Erkalten schneidet man zunächst die Spitze des Glasrohres mittelst einer Feile ab, macht etwa 1 cm oberhalb des Flüssigkeitsniveaus mit dem Messer einen tiefen Feilstrich und sprengt das obere Stück der Röhre mittelst Sprengkohle oder nach dem Vorgange von Schultzen und Nencki [2]) durch Aufsetzen eines zur Schmelzhitze erwärmten Glasstabes ab; der Sprung verläuft fast regelmässig genau horizontal ohne Splitterung. Hierauf giesst man den Inhalt der Röhre vorsichtig durch ein gewogenes und angefeuchtetes Filterchen und bringt durch Nachspülen und Schütteln mit destillirtem Wasser den festen Inhalt der Röhre darauf. Das Filterchen wird mit kohlensäurefreiem Wasser ausgewaschen, getrocknet und gewogen.

Da es nie vollständig gelingt, den festen Inhalt der Röhre auf dem Filter zu sammeln, da meistens etwas an dem Niederschlage in Gestalt feiner Körnchen fest an der Wandung des Glases haftet, so giesst man

---

[1]) Munk. Ueber die Harnstoffbildung in der Leber, ein experimenteller Beitrag zur Frage der Harnstoffuntersuchung in Blut und Parenchymen. Pflüger's Arch. Bd. 11, S. 102. 1875.

[2]) Schultzen und Nencki. Die Vorstufen des Harnstoffs im thierischen Organismus. Zeitschr. für Biologie Bd. 8, S. 141. 1872.

etwas Salzsäure in die Röhre, welche den Niederschlag unter Aufbrausen löst, fügt verdünnte Schwefelsäure zu, sammelt den Niederschlag auf einem kleinen aschefreien Filterchen, glüht, wägt, berechnet das Gewicht des gefundenen Baryumsulphates auf Baryumcarbonat und addirt die gefundene Zahl zu dem Gewichte des zuerst bestimmten Baryumcarbonates. Aus der Gesammtmenge des Baryumcarbonates berechnet man den Harnstoff. 1 Thl. Baryumcarbonat entspricht 0·3041 Harnstoff.

Da auf diese Weise zwei Wägungen nothwendig sind, so kann man auch einfacher verfahren, wenn man das auf dem Filter gesammelte Baryumcarbonat in verdünnter Salzsäure löst, hierzu den mittelst Salzsäure aus der Röhre genommenen Rückstand fügt, die Lösung mit Schwefelsäure fällt, das gebildete Baryumsulphat durch ein gewogenes Filterchen filtrirt, auswäscht, glüht und wägt. Aus dem Gewichte des Baryumsulphates berechnet man den Harnstoff. 1 Thl. Baryumsulphat entspricht 0·8454 Baryumcarbonat oder 0·257 Harnstoff. Mittelst dieser Methode fand Munk in 100 Thln. Blut 0·0533 und 0·0519 g Harnstoff.

4. Die Bestimmung der Harnsäure.

Wenn die Aufgabe gegeben ist, Harnsäure im Blute nachzuweisen, so verfährt man wohl am besten nach der Methode von Meissner [1]. Eine grössere Menge Blutes, etwa 400 cbcm, wird mit der drei- bis vierfachen Menge Wassers verdünnt und unter Zusatz einer geeigneten kleinen Menge verdünnter Schwefelsäure durch Aufkochen coagulirt. Das vollkommen klare Filtrat wird auf die Hälfte seines Volumens auf dem Wasserbade eingedampft, mit Barytwasser versetzt, aus dem Filtrate der überschüssige Baryt durch Schwefelsäure unter Vermeidung jeden Ueberschusses ausgefällt und darauf das Filtrat auf ein kleines Volumen von 10 bis 15 cbcm eingeengt. Der Rückstand wird mit absolutem Alkohol vermischt, wobei ein schmieriger brauner Niederschlag entsteht; der Alkohol wird von dem Niederschlag abgegossen und der Niederschlag selbst in wenig Wasser, wenn nöthig unter Erwärmen, wieder vollständig gelöst. Diese braune Flüssigkeit enthält, wenn Harnsäure vorhanden, dieselbe an Alkali gebunden. Die Harnsäure bringt man durch Zusatz von Salzsäure zur Abscheidung, sammelt sie auf einem kleinen Filterchen und bestimmt ihr Gewicht, wenn wägbare Mengen vorhanden sind. Meissner fand z. B. in 550 cbcm Blut, das von 18 mit Fleisch gefütterten Hühnern stammte, 0·017 g Harnsäure, was 0·031 g in 1000 Thln. Blut entspricht.

Zum Beweise, dass die ausgeschiedenen Krystalle aus Harnsäure bestehen, macht man die Murexidprobe. Dieselbe besteht darin, dass man

[1]) Meissner. Beiträge zur Kenntniss des Stoffwechsels im thierischen Organismus. Zeitschr. für rationelle Medicin. III. R. Bd. 31. S. 146. 1868.

ein wenig der zu prüfenden Substanz auf einem Porcellantiegel in Salpetersäure löst und bei mässiger Wärme zur Trockene verdampft. Ist die Substanz Harnsäure, so ist der Rückstand gelbröthlich oder roth. Bringt man einen Tropfen Ammoniak auf den rothen Fleck, so wird derselbe prachtvoll purpurroth, fügt man einen Tropfen Kali oder Natronlauge hinzu, so wird er blauviolett [1]).

5. Die Bestimmung des Kreatins.

Man verdünnt etwa 100 cbcm Blut mit der nämlichen Menge Wassers, säuert mit Essigsäure schwach an und coagulirt das Albumin. Man presst das Coagulum aus und filtrirt nach dem Erkalten. Das Filtrat versetzt man darauf so lange mit Bleiessig, als noch ein Niederschlag entsteht, vermeidet aber dabei einen nennenswerthen Ueberschuss. Der Bleiniederschlag wird durch ein Faltenfilter abfiltrirt, ausgewaschen, und das überschüssige Blei im Filtrate durch Schwefelwasserstoff entfernt. Das Filtrat wird zur Syrupconsistenz abgedampft und an einem kühlen Orte zum Auskrystallisiren des Kreatins hingestellt. Die ausgeschiedenen Krystalle sammelt man nach einigen Tagen auf einem gewogenen Filter, wäscht sie mit starkem Weingeist, dann absolutem Alkohol, trocknet bei 100° C. und wägt. Das krystallisirte Kreatin verliert bei 100° C. 12·17 Proc. Wasser, man hat daher die bei 100° getrocknete und gewogene Kreatinmenge mit 1·1374 zu multipliciren, um den Gehalt an krystallisirtem Kreatin zu bekommen.

Diese Methode der Kreatinbestimmung wurde von Neubauer [2]) zur Bestimmung des Kreatingehaltes des Muskelfleisches ersonnen und von Voit [3]) auf das Blut übertragen. Voit erhielt nach dieser Methode in 100 Thln. Ochsenblut 0·108 und 0·055 g krystallisirtes Kreatin, in 100 Thln. Hundeblut fand er 0·030 und 0·070 g Kreatin.

6. Die Bestimmung des Traubenzuckers.

Eine abgewogene Menge defibrinirten Blutes wird in kochendem Wasser unter Zusatz einer geringen Menge von Essigsäure coagulirt, filtrirt und das Filtrat auf dem Wasserbade zur Trockene verdunstet.

---

[1]) Diese Reaction entdeckte Prout. Procedings of philosophical societies. Annals of philosophy. Vol. XII, p. 68. 1818. Der Name Murexid rührt von Liebig und Wöhler her. Liebig und Wöhler. Untersuchungen über die Natur der Harnsäure. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 26, S. 320. 1838.

[2]) Neubauer. Ueber die quantitative Kreatin- und Kreatininbestimmung im Muskelfleisch. Zeitschr. für analyt. Chem. Jahrg. II, S. 26. 1863.

[3]) Voit. Ueber das Verhalten des Kreatins, Kreatinins und Harnstoffs im Thierkörper. Zeitschr. für Biologie Bd. 4, S. 93. 1868.

Der Rückstand wird mit absolutem Alkohol extrahirt, filtrirt, auf dem Wasserbade verdampft und der Rückstand in kaltem Wasser aufgenommen. In dieser Lösung bestimmt man den Zucker mit der Fehling'schen Titrirflüssigkeit oder mittelst des Circumpolarisationsapparates.

Die Fehling'sche Flüssigkeit [1]) besteht aus einer Mischung von Kupfervitriol, Seignettesalz und Natronlauge. Die Anwendung derselben zur Bestimmung des Zuckers beruht auf der Eigenschaft desselben, beim Erwärmen aus einer alkalischen Kupfervitriollösung das Kupfer als rothes Oxydul zu fällen. Da man nun weiss, dass durch 1 Thl. Traubenzucker in alkalischer Lösung 69·3 Thle. Kupfer beim Erwärmen ausgeschieden werden, so kann man in Zuckerlösungen von unbekanntem Gehalt den darin enthaltenen Zucker dadurch finden, dass man das Volumen bestimmt, das gerade hinreichend ist, eine abgemessene Menge der Kupferlösung von bekanntem Gehalte zu zersetzen.

Auf diese Eigenschaft des Traubenzuckers gestützt bereitet man sich eine alkalische Kupferlösung, indem man 34·639 g reiner krystallisirter Kupfervitriolkrystalle in etwa 200 cbcm Wasser löst, dazu etwa 480 cbcm reiner Natronlauge von 1·14 specifischem Gewichte fügt, in welche man 173 g chemisch reinen krystallisirten Seignettesalzes gelöst hat, und das Ganze durch Zusatz von destillirtem Wasser zu einem Liter verdünnt 1 cbcm dieser Lösung wird genau durch 0·005 g Traubenzucker reducirt.

Diese Kupferlösung zersetzt sich unter der Einwirkung des Lichtes und der Kohlensäure der atmosphärischen Luft; wenn man sie daher aufbewahren will, so thut man gut, sie in kleine mit Glasstöpseln versehene Fläschchen von etwa 50 cbcm zu füllen und an einem dunklen Orte aufzubewahren. Da die Natronlauge mit der Zeit die Glasstöpsel angreift, so ist es zweckmässig, dieselben mit Paraffin zu bestreichen.

Wegen dieser Zersetzlichkeit der Fehling'schen Lösung ist es vortheilhaft, Kupfervitriol und Seignettesalzlösung für sich herzustellen, sie gesondert aufzubewahren und erst beim Gebrauche zu mischen; zu dem Ende löst man 34·639 g Kupfervitriol in 1 l Wasser und 173 g Seignettesalz in 480 cbcm Natronlauge und verdünnt die Mischung durch Zusatz von destillirtem Wasser ebenfalls zu 1 l. Beim Gebrauche werden gleiche Theile beider Lösungen abgemessen und gemischt.

Um mittelst dieser Flüssigkeit den Zucker im Blute zu bestimmen, vermischt man je 10 cbcm der beiden Flüssigkeiten, verdünnt sie durch Zusatz von 30 cbcm destillirtem Wasser und füllt damit eine Bürette, die $^1/_{10}$ cbcm abzulesen gestattet. Alsdann erhitzt man die auf obige Weise erhaltene wässerige Lösung des Blutes in einer Porcellanschale und lässt während des Kochens die Kupfervitriolmischung tropfenweise zufliessen.

Es findet sich dann stets ein Punkt, bei welchem die Flüssigkeit, welche bis dahin eine schöne klare gelbe Farbe angenommen hat, etwas

---

[1]) Fehling. Quantitative Bestimmung des Zuckers im Harn. Arch. für phys. Heilkunde. Jahrg. VII, S. 66, 1848.

missfarbig bleibt; gleichzeitig ballen sich feine gelbe Flöckchen in der Flüssigkeit zusammen und man kann am Rande einen schwach grauen Schimmer derselben erkennen. Es ist dies, wie Bock und Hoffmann[1]) beobachteten, ein sicheres Zeichen, dass die Titrirung beendet ist.

Hat man z. B. 50 g Blut zur Bestimmung des Zuckers in Anwendung gezogen und sind durch das daraus gefertigte Wasserextract 8 cbcm der Kupfervitriollösung reducirt worden, so sind in dem Blute, da 1 cbcm der verdünnten Kupfervitriollösung durch 0·001 g Traubenzucker reducirt werden, 0·008 g Traubenzucker enthalten. Schmidt fand z. B., wie David[2]) mittheilt, auf diese Weise in 1000 Thln. Pferdeblut

Pfortaderblut	0·01 g Zucker
Lebervenenblut	0·05 „ „
Pulmonalarterie	0·04 „ „
Carotis	0·02 „ „

Bock und Hoffmann ermittelten in dem Carotisblute des Kaninchens 0·07 bis 0·11 Proc.

7. Die Gase des Blutes.

Das Blut enthält Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff, theils absorbirt, theils chemisch gebunden.

Die Thatsache, dass das Blut im luftleeren Raum Gase entwickelt, war bereits Mayow[3]) um das Jahr 1670 bekannt.

Um aus Flüssigkeiten die in ihnen absorbirten Gase zu gewinnen, kennt man drei Methoden, nämlich Erwärmen, Einleiten eines anderen Gases oder Schütteln mit einem solchen und den luftleeren Raum. Diese drei Methoden hat man auch zur Gewinnung der Gase des Blutes benutzt. Dabei bediente man sich meist besonderer Vorrichtungen; vorzügliche Sorgfalt verwandte man auf die Ausbildung der Methode, die Gase des Blutes durch das Vacuum zu gewinnen. Man brachte dabei entweder die das Blut enthaltenden Gefässe mit der Luftpumpe in Verbindung oder erzeugte durch kochende Wasserdämpfe ein Vacuum oder construirte besondere Apparate, Gaspumpen genannt, in denen auf verschiedene

[1]) Bock und Hoffmann. Experimentalstudien über Diabetes. S. 11. 1874.

[2]) David. Ein Beitrag zur Frage über die Gerinnung des Lebervenenblutes und die Bildung von Blutkörperchen in der Leber. S. 24. 1866.

[3]) Johannes Mayow. Opera omnia medico physica p. 131. 1681. Diese denkwürdige Stelle lautet: Si sanguis in vase aliquandiu servatus, in vitrum adducetur, ex quo aer per Antliam Aeream exhauritur, sanguis iste in superficie, quà idem colorem floridum obtinuit, leniter effervescet, et in bullulas insurget. Sin autem sanguis arteriosus adhuc incalescens, in loco aere vacuo positus fuerit, idem mirum in modum expandetur et in bullulas penè infinitas elevabitur: id quod partim à particulis ejus exaestuantibus, inque motum concitis, partim ab aere particulis ejus interspersis oriri verisimile est.

Weise ein luftleerer Raum erzielt wird, in den die Gase abdampfen. Die Verbindung der einzelnen Theile dieser Apparate geschieht durch Kautschukschläuche, die Trennung derselben von einander durch besondere Klemmen; statt beider dienen auch Hähne von Glas oder Stahl.

Wir beschäftigen uns im Folgenden mit den Methoden der Gewinnung der Blutgase durch die Wärme, durch Verdrängen derselben mittelst anderer Gase oder durch Herstellung eines luftleeren Raumes, wobei wir die Gaspumpen gesondert abhandeln; hieran reihen wir die Beschreibung einiger Hülfsvorrichtungen, welche bei gasometrischen Untersuchungen unentbehrlich sind, das Verfahren, das Volumen eines Gases bei beliebiger Temperatur und beliebigem Druck zu berechnen, die Methoden der Gasanalyse nach Bunsen, Regnault und Reiset, Frankland und Ward und schliesslich die Bestimmung der Spannung eines Gases.

a. Methode der Gewinnung der Blutgase durch Erwärmen. Diese Methode der Gasgewinnung aus dem Blute wurde zuerst von Humphry Davy 1799 angewandt. Man bedient sich derselben nicht mehr, weil durch sie die Gase des Blutes nur unvollständig gewonnen werden können. Nichtsdestoweniger müssen wir ihrer als selbständiger Methode gedenken, da mittelst derselben zuerst die Gase des Blutes quantitativ bestimmt wurden.

Davy [1]) brachte in eine Phiole, ein flaschenförmiges Gefäss von etwa 200 cbcm Inhalt, das mit einem pneumatischen Apparat in Verbindung stand, arterielles Blut aus der Carotis eines Kalbes, stellte dasselbe auf ein Sandbad von ungefähr 35° C. und vermehrte die Hitze allmälig. Nach 10 Minuten, als die Temperatur des Sandes 45° C. betrug, fing das Blut an zu gerinnen; zugleich gingen einige Gasbläschen über. Die Gasentbindung dauerte in kleinen Quantitäten eine halbe Stunde lang fort, während dessen der Sand fast 100° C. erreichte, das Blut völlig geronnen und fast ganz schwarz geworden war. In dem Quecksilberapparate hatten sich 29·4 cbcm Gas gesammelt, das aus 18 cbcm Kohlensäure und 11·4 cbcm Sauerstoff bestand.

Diesen historischen Versuch wiederholt man wohl am besten in der von Bert [2]) angegebenen Form. Man verdünnt das Blut, um die lästige Gerinnung zu vermeiden, mit dem doppelten Volumen Wasser, bringt dasselbe in eine Kochflasche *A*, Fig. 295, $^1/_{10}$ nat. Gr., in deren Hals in einem Korke ein Thermometer *D* und eine doppelt rechtwinkelig gebogene Röhre *B* steckt, die in ein mit Kalkwasser gefülltes Gefäss *C* taucht, und erwärmt. Bevor noch das verdünnte Blut anfängt zu kochen, trübt sich das Kalkwasser durch die aus dem Blute entweichende Kohlensäure. Fängt man das entweichende Gas nach Entfernung des grössten Theils der Luft aus der Kochflasche in einer Eudiometerröhre auf und lässt nach

---

[1]) Davy. Theorie des Lichtes und der Verbindungen und Wirkungen des Lichtes. Gilbert's Annal. Bd. 12, S. 593. 1803.

[2]) Bert. Leçons sur la physiologie comparée de la respiration, p. 78. 1870.

Absorption der Kohlensäure Kaliumpyrogallat in der Röhre aufsteigen, so tritt Bräunung des Wassers und eine theilweise Absorption des Gases

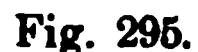
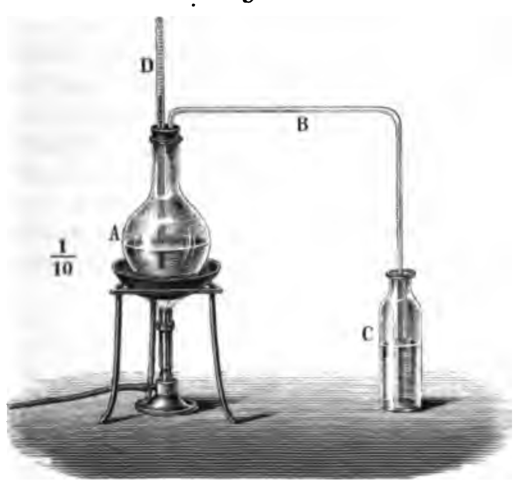


Fig. 295.



ein. Bei der Deutung letzterer Erscheinung wolle man sich daran erinnern, dass ein Theil derselben durch den Sauerstoff der in der Kochflasche noch restirenden Luft mit bedingt wird.

b. Methode der Gewinnung der Blutgase durch Verdrängen derselben mittelst anderer Gase. Priestley ist wohl der Erste gewesen, der Versuche über das Verhalten des Blutes gegen Gase angestellt hat. Priestley bemerkte nämlich, dass, wenn er Blut mit Wasserstoff oder Stickstoff einige Zeit in Berührung liess, und zu diesen Gasen alsdann Salpetergas, wie man damals das Stickstoffoxyd nannte, brachte, das Volumen derselben vermindert wurde. Der Wasserstoff und Stickstoff hatten mithin Sauerstoff aus dem Blute ausgetrieben, derselbe fand sich dem Wasserstoff oder Stickstoff beigemischt und Stickstoffoxyd erzeugte durch seine Oxydation zu Stickstoffdioxyd und seine darauf folgende Absorption eine Verminderung des Volumens. Geraume Zeit später lehrte Vauquelin, wie W. Edwards[1]) berichtet, Kohlensäure aus dem Blute durch Wasserstoff gewinnen, und Bernard gab eine Methode an, den Sauerstoff des Blutes durch Verdrängen mit Kohlenoxyd quantitativ zu bestimmen.

Der Versuch Priestley's hat historische Bedeutung, der Versuch Vauquelin's demonstrirt in einfachster Weise die Anwesenheit freier Kohlensäure im Blute, eine Thatsache, die z. B. von Mitscherlich,

[1]) W. Edwards. De l'influence des agens physiques sur la vie, p. 465. 524. Wie dort zu lesen, hat Vauquelin selbst seinen Versuch nicht publicirt.

Gmelin und Tiedemann [1]) noch im Jahre 1833 geleugnet wurde. Die Methode Bernard's lehrt in eleganter und einfacher Weise den Sauerstoff des Blutes zu bestimmen.

α. Der Versuch Priestley's [2]). Diesen Versuch stellt man am besten in folgender Weise an. Man leitet in einen mit Quecksilber gefüllten Bunsen'schen Gasometer, der etwa 100 cbcm Wasserstoff enthält, 80 bis 100 cbcm Blut aus der Carotis eines Hundes, verschliesst die seitliche Oeffnung mit einem gut schliessenden Pfropfen und schüttelt gut, um das Blut zu defibriniren und mit dem Wasserstoffgase zu mischen; alsdann öffnet man den seitlichen Verschluss und steckt in denselben die Glasröhre *B*, Fig. 296, $^1/_6$ nat. Gr. Hierauf befestigt man auf der oberen Oeffnung des Gasometers *A* eine ┬-förmige Röhre, verbindet das Rohr *C*

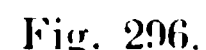
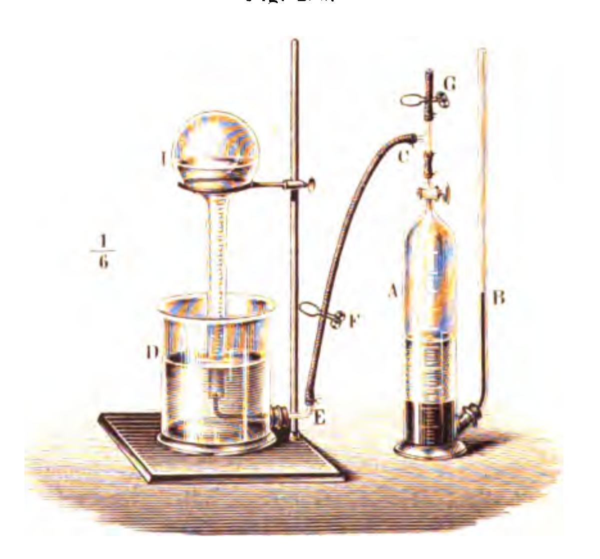


Fig. 296.



mit der in das Glasgefäss *D* eingefügten Röhre *E* durch einen Kautschukschlauch, legt die Klemme *F* an und füllt Kautschukschlauch und Röhre *E* vollständig mit Quecksilber, indem man die Klemme *F* etwas

[1]) Gmelin und Tiedemann. Versuche über das Blut, angestellt in Verbindung mit Mitscherlich. Zeitschr. für Physiologie von Tiedemann, Reinh. und Christ. Treviranus. Bd. 5, S. 9. 1833.

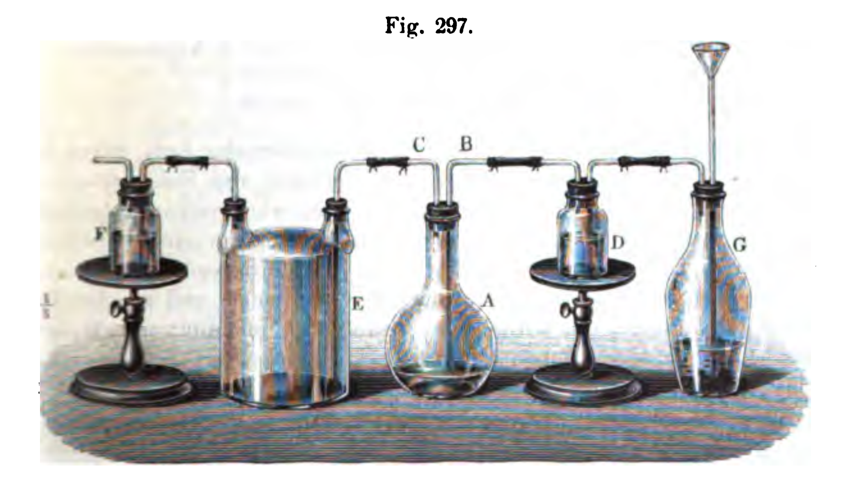
[2]) Priestley. Observations on respiration, and the use of the blood. Philosoph. transact. of the roy. soc. of London. Vol. 66, P. I, p. 242. 1776. Auch Dr. Priestley's Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft. III. Theil, S. 73. 1780.

lockert. Nunmehr klemmt man den Kautschukschlauch *G* ab. In dem Glasgefäss *D* befindet sich eine umgekehrte Flasche *I*, deren langer Hals mit einer Theilung versehen ist. Diese Flasche ist unter Wasser zur Hälfte etwa mit Stickoxyd gefüllt. Das Stickoxydgas bereitet man sich durch Uebergiessen reiner Kupferdrehspähne mit verdünnter Salpetersäure.

Um das über dem Blute stehende Gas in dem Gasometer *A* nach *I* überzuführen und mit dem Stickoxydgas in Berührung zu bringen, füllt man Quecksilber in *B* ein und öffnet den Hahn des Gasometers sowie die Klemme bei *F*. In dem Maasse als Quecksilber in *B* eingefüllt wird, steigt das Gas in *I* in die Höhe. Geschieht das Ueberführen des Gases von *A* nach *I* rasch, und merkt man sich den Stand des Wassers in dem langen Halse der Flasche *I* nach Beendigung der Ueberführung des Gases, so kann man im Laufe einer Stunde meist ein Steigen der Flüssigkeitssäule und damit eine Volumsabnahme constatiren, indem der im Blute enthaltene Sauerstoff durch Wasserstoffgas ausgetrieben, das Stickoxydgas zu Stickstoffdioxyd oxydirt, das vom Wasser absorbirt wird. Der Versuch gelingt nur mit sauerstoffreichem Blute.

β. Der Versuch Vauquelin's zeigt, dass man aus frischem Blute durch Durchleiten von Wasserstoffgas Kohlensäure erhalten kann. Wenn man diesen Versuch wiederholen will, so wendet man zweckmässig den von Bertuch [1]) angegebenen Apparat an. Derselbe, Fig. 297, $^1/_8$ nat. Gr.,

Fig. 297.



besteht aus einer Kochflasche *A*, die mit doppelt durchbohrtem Kork versehen ist. In der einen Durchbohrung steckt eine rechtwinklig gebogene Glasröhre *B*, die bis auf den Boden reicht, in der anderen eine eben-

---

[1]) Magnus. Ueber die im Blute enthaltenen Gase, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure. Poggendorff's Annal. Bd. 40, S. 585. 1837.

falls gebogene Röhre *C*, die unterhalb des Korkes schief abgeschnitten endet. Die Röhre *B* steht mit einer Waschflasche *D* in Verbindung, die Kalkwasser enthält, die Röhre *C* mit einer geräumigen grossen Flasche *E*, welche zur Aufnahme für den beim Durchleiten des Gases durch das Blut auftretenden Schaum bestimmt ist. Von dem Gefässe *E* aus geht das Gas weiter in eine Flasche *F*, die Kalkwasser enthält.

Bei der Benutzung dieses Apparates verbindet man *D* mit einem Wasserstoffentbindungsgefäss *G* und verdrängt zunächst die atmosphärische Luft in dem Apparate durch Wasserstoff; alsdann bringt man defibrinirtes Blut in die Flasche *A*. Der durch das Durchleiten des Gases in *A* erzeugte Schaum wird nach *E* übergeführt und setzt sich dort ab. Das Kalkwasser in *F* trübt sich nach einiger Zeit bedeutend.

Um die Menge der auf diese Weise austreibbaren Kohlensäure zu bestimmen, brachte Magnus [1]) an die Stelle der Flasche *F* einen Liebig'schen Kugelapparat, der mit Kalilauge gefüllt war. Allein es gelang Magnus nur ein einziges Mal, so lange Wasserstoffgas durch das Blut zu leiten, bis keine Kohlensäure mehr entwich; in allen anderen Versuchen fand dieselbe stets so lange statt, bis das Blut faul wurde. Nachfolgende Tabelle giebt die Menge der Kohlensäure in Grammen an, welche nach 6- und 24stündigem Durchleiten von Wasserstoffgas durch Menschenblut erhalten wurden.

Menge des Blutes.	Nach 6 Stunden.	Nach 24 Stunden.
66·8 cbcm	0·033 g Kohlensäure	0·0495 g Kohlensäure
59·8 „	0·025 „ „	0·0475 „ „
62·9 „	0·044 „ „	0·0675 „ „

Leitet man statt des Wasserstoffs atmosphärische Luft durch das Blut, so kann man gleichfalls eine Abscheidung von Kohlensäure erzielen. Man erhält jedoch auf diese Weise, wie Preyer [2]) beobachtete, auch nach 10- und 11stündigem Durchleiten nur einen Theil der absorbirten Kohlensäure; damit die in das Blut eintretende Luft frei von Kohlensäure ist, leitet man sie vorher durch Kalilauge, und um der Verdunstung vorzubeugen, wird zwischen Kalilauge und Blut eine Wasserflasche eingeschaltet, durch welche die kohlensäurefreie Luft streichen muss, ehe sie in das Blut gelangt.

γ. Die Methode Bernard's [3]) die Menge des Sauerstoffs im Blute zu bestimmen, gründet sich auf die von ihm entdeckte

---

[1]) Magnus. Ueber die im Blute enthaltenen Gase, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure. Poggendorff's Annal. Bd. 40, S. 587. 1837.

[2]) Preyer. Ueber die Bindung und Ausscheidung der Blutkohlensäure bei der Lungen- und Gewebeathmung. Sitzungsber. der math. naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 49, 2. Abth. S. 54. 1864. Auch: Zeitschr. für rationelle Med. III. R. Bd. 21, S. 224. 1864.

[3]) Bernard. Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme. T. I, p. 365. 1859.

Eigenschaft des Kohlenoxydgases den Sauerstoff des Blutes vollständig zu verdrängen und zu ersetzen [1]). Wie aus den Absorptionsversuchen Meyer's [2]) mit Kohlenoxyd und Blut hervorgeht, geschieht die Aufnahme des Kohlenoxyds im Blute in derselben Weise und derselben Menge wie die des Sauerstoffs, unabhängig vom Drucke.

Wenn man den Sauerstoff des Blutes mittelst dieser Methode bestimmen will, so bringt man zunächst in eine mit Quecksilber gefüllte Eudiometerröhre reines Kohlenoxyd, das man aus Magnesiumformiat und Schwefelsäure darstellt; alsdann lässt man ungefähr eben so viel defibrinirtes Blut in die Eudiometerröhre treten, schüttelt das Eudiometer, stellt es in ein warmes Bad von 30 bis 35° C. und lässt dort einige Stunden stehen. Hierauf führt man das über dem Blute stehende Gas in ein anderes Eudiometer über, bringt die in dem Gase enthaltene Kohlensäure durch Aetzkali zur Absorption und bestimmt den Sauerstoffgehalt durch Einführen einer concentrirten wässerigen Lösung von Kaliumpyrogallat. Hat man das Volumen des Gases vor dem Zusatz des Kaliumpyrogallates gemessen und misst man dasselbe nach Einwirkung desselben, so ergiebt die Differenz zwischen beiden Ablesungen die Menge des in dem Gase enthaltenen Sauerstoffs.

Wie man sieht, ist dieses Verfahren sehr einfach. Mittelst desselben werden aber nur dann gute Resultate erzielt, wenn das Kohlenoxydgas mit dem Blute in innige Berührung kommt und die Mischung mit dem Gase bei etwa 30° C. vorgenommen wird.

Um das Blut direct aus der Ader des Thiers zu erhalten, bedient sich Bernard [3]) einer an ihrem unteren Ende mit zwei Oeffnungen versehenen elastischen Sonde *B*, Fig. 298, 1/2 nat. Gr., s. f. S., welche in das freigelegte Blutgefäss des Thiers eingeführt wird und einer eisernen Spritze *C*, Fig. 299, 1/2 nat. Gr., deren Stempel genau schliesst und mit Marken versehen ist, welche den Inhalt der Spritze in Cubikcentimetern angeben. Steckt man diese Sonde in das centrale Ende eines arteriellen oder das peripherische Ende eines venösen Gefässes, so füllt sich die Sonde von selbst mit Blut und die Luft in derselben wird durch das einströmende Blut ausgetrieben. Ist aber mit derselben das Blut aus dem rechten Herzen aufzufangen, so muss die Luft aus der Sonde zuerst entfernt werden. Man bindet deshalb die Sonde in das centrale Ende der Ven. jugul. extern. ein, setzt die Spritze an das obere Ende an und saugt durch Anziehen des Stempels zunächst die Luft aus der Sonde in die Spritze; das Blut aus dem rechten Herzen rückt dann nach und füllt die

---

[1]) Bernard. Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses, p. 172. 1857.

[2]) Meyer. De sanguine oxydo carbonico infecto. p. 8. 1858. Derselbe: Ueber die Einwirkung des Kohlenoxydgases auf Blut; Zeitschr. f. ration. Med. III. R. Bd. 5, S. 89. 1859.

[3]) Bernard. Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses, p. 165. 1857.

Sonde; man entfernt die Luft und das Blut aus der Spritze, setzt dieselbe ein zweites Mal an und saugt nunmehr das zu dem Versuch zu benutzende Blut in die Spritze ein. Ist genug Blut in derselben, so schliesst man den Hahn *A*, steckt sofort auf das untere Ende das gebogene eiserne Rohr *D*, öffnet den Hahn *A*, füllt durch Nachdrücken des Stempels die Röhre *D* mit Blut, merkt sich den Stand des Stempels und lässt das Blut in einer Eudiometerröhre aufsteigen, die Kohlenoxyd enthält und in Quecksilber steht. Man bringt nunmehr das Eudiometer sammt dem Quecksilbergefäss in ein mit warmem Wasser gefülltes Gefäss, schüttelt das Blut mit dem Quecksilber und dem Kohlenoxydgase, theils um es zu defibriniren, theils um es mit dem Gase allseitig in Berührung zu bringen und lässt einige Stunden stehen. Nach dieser Zeit, die 24 Stunden betragen kann, führt man die Gase in ein anderes Eudiometer über, misst nach Absorption der Kohlensäure durch Aetzkali ihr Volumen und lässt einige Cubikcentimeter concentrirter Pyrogallussäure aufsteigen. Nach einiger Zeit, wenn der Sauerstoff absorbirt ist, bestimmt man abermals das Volumen. Die Differenz zwischen beiden Ablesungen giebt die Menge des Sauerstoffs an, welche in der in Anwendung gezogenen Blutmenge enthalten ist.

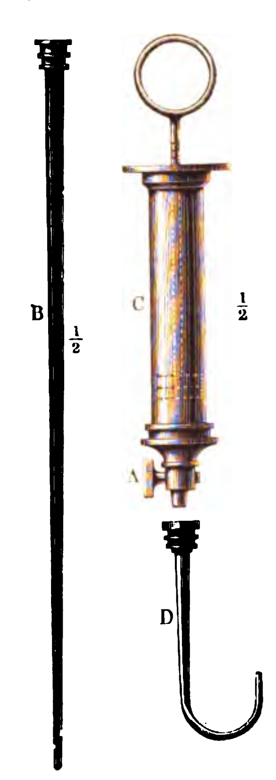


Fig. 298. Fig. 299.

Nawrocki [1]) hat über die Genauigkeit der Methode Bernard's, den Sauerstoff mittelst Kohlenoxydgases im Blute zu bestimmen, Untersuchungen angestellt. Er fing zwei gleiche Portionen Blut auf und bestimmte den Sauerstoffgehalt in der einen Portion mittelst Kohlenoxydgases, in der anderen durch Entgasung mittelst der Meyer'schen Gaspumpe, die wir weiter unten beschreiben werden Aus diesen Bestimmungen ergab sich, dass der Sauerstoffgehalt von 100 Vol. Blut aus der Art. carotis des Hundes bei 0° C. und 1 m Quecksilberdruck betrug:

	nach der Bernard'schen Methode,	nach der Auspumpungsmethode
erster Versuch	8·1	8·1
zweiter „	6·92	7·45
dritter „	14·2	15·82

[1]) Nawrocki. De Claudii Bernardi methodo oxygenii copiam in sanguine determinandi, p. 12. 1863. Derselbe: Ueber die Methoden den Sauerstoff im Blute zu bestimmen. Heidenhain. Studien des physiologischen Instituts zu Breslau. Heft II, S. 157. 1863.

Aus diesen Zahlen ergiebt sich, dass mittelst der Bernard'schen Methode brauchbare Resultate erzielt werden können. Dies geschieht aber nur dann, wenn das Kohlenoxyd allseitig und hinlänglich lange Zeit mit dem Blute bei einer Temperatur von etwa 30° C. in Berührung kommt. Ist dieses nicht der Fall, so erhält man fehlerhafte Resultate, wie z. B. Estor und Saint-Pierre[1]). Diese Forscher liessen das Blut, dessen Sauerstoffgehalt sie bestimmen wollten, nur 7 bis 8 Minuten mit Kohlenoxyd in Berührung, wobei sie den Apparat, in dem sich Blut und Kohlenoxyd befanden, nur leicht hin- und herbewegten[2]). In so kurzer Zeit kann der Sauerstoff des Blutes durch das Kohlenoxydgas aber nicht vollständig verdrängt werden, wie z. B. Hirschmann[3]) und Pflüger[4]), die Unrichtigkeit der Resultate genannter Forscher nachweisend, hervorheben. Man lässt darum nach dem Vorgange von Nawrocki eine gemessene Menge unter Quecksilber aufgefangenes und defibrinirtes Blut in eine verschliessbare Eudiometerröhre treten, welche bereits so viel Kohlenoxyd enthält, als man Blut eintreten lassen will. Nach dem Eintreten des Blutes wird das Eudiometer unter Quecksilber verschlossen und in ein Gefäss gestellt, das Wasser von 30 bis 35° C. enthält. Nachdem sich das Blut erwärmt hat, wird es 3- bis 4mal tüchtig durchgeschüttelt. Es ist zweckmässig mit dem Schütteln zu warten, bis sich das Blut erwärmt hat, denn dadurch beugt man der zu heftigen Schaumbildung vor und beschleunigt das Absetzen des Schaums. Je vollständiger aber letzteres erfolgt, desto schärfer kann das Blut von dem darüber stehenden Gase getrennt werden.

Fig. 300.

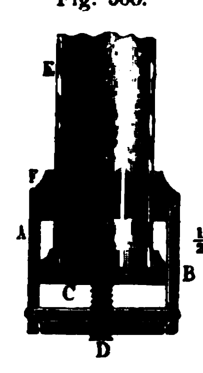


Fig. 300, $^1/_2$ nat. Gr., zeigt die von Nawrocki benutzte verschliessbare Eudiometerröhre. Der Verschluss der Röhre kommt dadurch zu Stande, dass eine in zwei Coulissen *A* und *B* gleitende mit Kautschuk versehene eiserne Platte *C* vermittelst der Schraube *D* an die untere Oeffnung der Eudiometerröhre *E* angepresst wird. Bevor das Anpressen der Kautschukplatte stattfindet, muss der in den Coulissen *A* und *B* gleitende Verschluss an die eiserne Fassung *F* der Röhre *E* angeschraubt werden.

---

[1]) Estor et Saint-Pierre. Du siége des combustions respiratoires. Robin. Journ. de l'anatom. et de la physiolog. normal. et patholog. Tom. II, p 302. 1865.

[2]) Saint-Pierre et Estor. Sur un appareil propre aux analyses des mélanges gazeux et spécialement au dosage de gaz du sang; Robin. Journ. de l'anatom. et de la physiolog. normal. et pathologique. Tom. II, p. 107. 1865.

[3]) Hirschmann. Ein Beitrag zur Frage über den Ort der Kohlensäurebildung im Organismus. Arch. für Anatom., Physiolog. und wissensch. Med. Jahrg. 1866, S. 515. 1866.

[4]) Pflüger. Ueber die Geschwindigkeit der Oxydationsprocesse im arteriellen Blutstrom. Pflüger's Arch. Jahrg. 1, S. 293. 1868.

c. Methode der Gewinnung der Blutgase durch den luftleeren Raum. Um mittelst des luftleeren Raumes die Gase des Blutes zu gewinnen, fängt man Blut aus der Ader des Thieres in einem besonderen Gefässe auf, defibrinirt, wenn es die Versuchsmethode mit sich bringt, und verbindet das Gefäss mit einem zweiten luftleeren, in das die Gase des Blutes abdampfen. Die Erzeugung des luftleeren Raumes in dem zweiten Gefäss geschieht entweder mittelst der Luftpumpe, oder durch kochende Wasserdämpfe, oder durch die Gaspumpe.

Wir betrachten hier nur die Methoden der Gewinnung der Blutgase durch den luftleeren Raum, soweit derselbe mittelst der Luftpumpe oder durch kochendes Wasser erzeugt wird. Die Methode der Gewinnung der Blutgase mittelst der Gaspumpen handeln wir gesondert ab.

α. Gewinnung der Blutgase durch Apparate, in welchen ein luftleerer Raum durch die Luftpumpe erzeugt wird. Wie wir bereits S. 401 angegeben, bemerkte Mayow, dass Blut im luftleeren Raum Gasblasen entwickelt. Ueber 100 Jahre später beobachtete Rosa[1], dass, wenn frisches noch warmes arterielles Blut mit Kalkwasser unter eine luftleer gemachte Glocke gestellt wird, auf dem Kalkwasser sich ein Häutchen bildet, wie es der Fall ist, wenn man durch Kalkwasser ausathmet. Diesen Versuch Rosa's hat Vogel[2]) später in der Weise wiederholt, dass er in eine grosse Flasche frisches Ochsenblut brachte, die Flasche mit einem durchbohrten Kork versah, in welcher eine gebogene Glasröhre steckte, die in Kalkwasser tauchte. Beim Auspumpen der Luft schäumte das Blut auf, es entwickelte sich sehr viel Kohlensäure und das Kalkwasser wurde stark getrübt. Diese Versuche haben historische Bedeutung und lassen sich, wenn man im Besitz einer Luftpumpe ist, jeder Zeit leicht wiederholen.

Geraume Zeit später construirte Magnus einen eigenen Apparat, um die Gase des Blutes mittelst der Luftpumpe zu gewinnen. Obwohl derselbe jetzt nicht mehr in Anwendung gezogen wird, so muss man ihn doch kennen, da die Resultate, die mittelst desselben erzielt wurden, von eminenter Bedeutung für den Fortschritt der Lehre von den Blutgasen waren. Einen besonderen Apparat, die Gase des Blutes zu gewinnen, der sich durch seine Einfachheit auszeichnet, hat auch Setschenow angegeben.

a. Der Apparat von Magnus[3]) besteht aus einem birnförmigen Gefäss *A*, Fig. 301, $^1/_{10}$ nat. Gr., dessen oberes Ende mit einem Hahn *B* versehen ist und dessen unteres Ende in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss *C* taucht. Das Gefäss *A* wird mit Quecksilber gefüllt, auf den

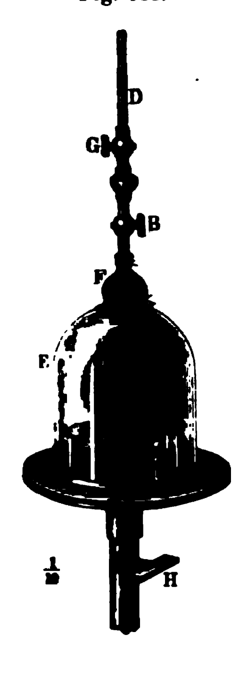
[1]) Rosa. Lettere fisiologiche. T. I, p. 363. Napoli 1788.

[2]) Vogel. Ueber die Existenz der Kohlensäure im Urin und im Blute. Schweigger's Journ. für Chem. u. Phys. Bd. 11, S. 401. 1814.

[3]) Magnus. Ueber die im Blute enthaltenen Gase, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure. Poggendorff's Annal. Bd. 40, S. 594. 1837.

Teller einer Luftpumpe gestellt und die Glasglocke *E* darüber gestülpt. Pumpt man die Luft aus der Glocke *E* aus, so sinkt das Quecksilber in *A*.

Fig. 301.



Ist in demselben Blut, so schäumt dieses dabei auf und die in demselben befindlichen Gase können in der auf *A* aufschraubbaren mit Quecksilber gefüllten Röhre *D* aufgefangen werden.

Um *A* mit Quecksilber zu füllen, schraubt man die Röhre *D* ab und saugt die Luft aus *A* aus. In dem Maasse als dies geschieht, füllt sich das Gefäss. Ist das Quecksilber in dem oberen Theil von *A* über den Hahn *B* hinausgestiegen, so verschliesst man die Oeffnung und schraubt darauf die mit Quecksilber gefüllte Röhre *D* auf. Das mit Quecksilber gefüllte Gefäss *A* wird nun auf den Teller einer Luftpumpe gesetzt, die am oberen Ende durchbohrte Glasglocke *E* darüber gestülpt und *A* in diese mittelst eines Kautschukbeutels luftdicht eingebunden. Wird die Luft aus *E* durch die Luftpumpe ausgepumpt, so sinkt das Quecksilber in *A* und es entsteht ein luftleerer Raum. In diesem verbreitet sich zunächst die kleine Menge Luft, welche zwischen dem Quecksilber und dem Glase haften geblieben. Oeffnet man den Hahn *H* der Luftpumpe wieder, so steigt das Quecksilber in *A* in die Höhe und über lemselben sammelt sich die in ihm früher enthaltene Luft an. Um dielbe zu entfernen, öffnet man die Hähne *G* und *B*, die Luft entweicht ach *D*. Man schliesst *G* und *B*, schraubt *D* ab, füllt dasselbe aufs neue it Quecksilber und schraubt wieder auf. So oft man auch diese Proceur wiederholt, stets bleibt eine kleine Menge Luft in dem Apparat zuück. Dieselbe betrug in den Versuchen von Magnus etwa 0·2 cbcm.

Um das auf seine Gase zu untersuchende Blut in den Apparat einzuführen, wird der Kautschukbeutel *F* losgebunden, die Glocke entfernt nd der ganze Apparat in eine grössere Quecksilberwanne gebracht, inem ein kleines flaches, mit Quecksilber gefülltes Gefäss unter *A* geschoen wird. In der Quecksilberwanne lässt man das Blut, das in einer mit uecksilber gefüllten Flasche aufgefangen und defibrinirt wurde, in *A* ufsteigen. Das so gefüllte Gefäss *A* wird wieder in das auf dem Teller er Luftpumpe stehende Gefäss *C* zurückgehoben und in die Glocke *E* uftdicht eingebunden. Wenn nun die Luft aus *E* ausgepumpt wird, so nkt das Quecksilber und mit ihm das Blut in dem birnförmigen Gess; es entsteht ein luftleerer Raum und das Blut schäumt auf. Wern nun die Hähne *G* und *B* geöffnet, so fällt das Quecksilber aus *D* ch *A* und bewirkt ein neues Aufschäumen des Blutes. Sobald der

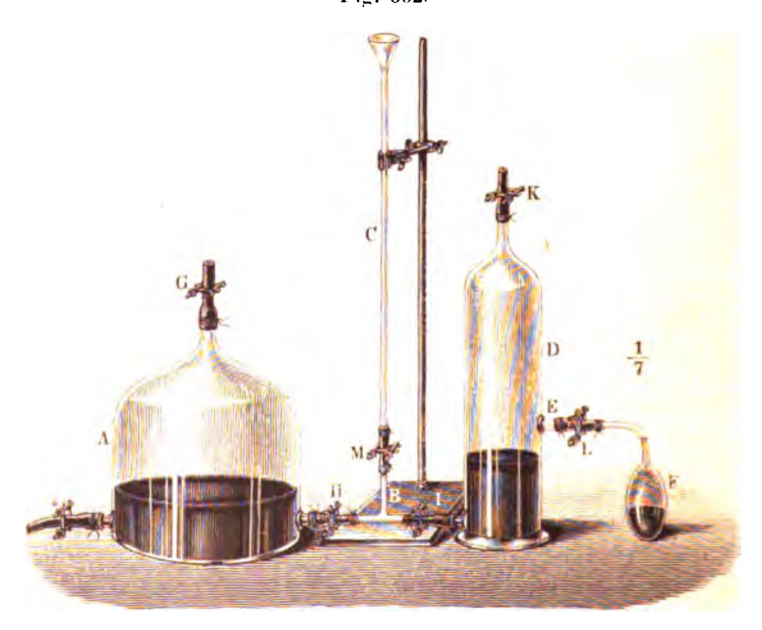
Schaum etwas gesunken ist, lässt man allmälig Luft unter die Glocke *E* treten; hierdurch steigt das Quecksilber und drängt das Gas nach *D*. Dies wiederholt man so oft, als es die Abnahme des Schaums zulässt.

Um das Gas, welches sich in der Röhre *D* angesammelt hat, zu untersuchen, schliesst man *G*, schraubt *D* von dem Apparate ab und führt die Gase in einer Quecksilberwanne in ein Eudiometer über. Die Kohlensäure bestimmte Magnus durch Absorption mit Aetzkali, den Sauerstoff durch Verpuffen mit Wasserstoff.

Das für diese Versuche angewandte Blut wurde in mit Quecksilber gefüllten in Quecksilber stehenden Flaschen direct aus der Ader aufgefangen. Sobald genug Blut in die Flasche getreten war, wurde dieselbe unter Quecksilber verstöpselt und darauf durch Schütteln defibrinirt. Manchmal waren auch Glasstücke in die Flasche gebracht worden um das Defibriniren zu beschleunigen. Magnus erhielt z. B. auf diese Weise aus 130 cbcm arteriellen Blutes eines alten Pferdes 16·3 cbcm Luft die aus 10·7 Thln. Kohlensäure, 4·1 Thln. Sauerstoff und 1·5 Thln. Stickstoff bestand.

b. **Der Apparat von Setschenow**[1]) besteht aus dem grösseren mit drei Tubulis versehenen Glasgefässe *A*, Fig. 302, $^1/_7$ nat. Gr., vor

Fig. 302.



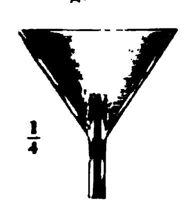
[1]) Setschenow. Neuer Apparat zur Gewinnung der Gase aus dem Blute. Zeitsch. für rationelle Med. III. R. Bd. 23, S. 16. 1865.

etwa 3 Ltr. Inhalt, dem ┬-förmigen Glasrohre *B*, an welches ein Trichterrohr *C* befestigt werden kann und dem mit zwei seitlichen Ansatzröhren versehenen Glasgefäss *D*, das zur Erzeugung eines Vacuums dient. An dem Seitenrohr *E* des Gefässes *D* wird der Blutrecipient *F* befestigt. Alle Theile des Apparates sind mit einander durch Kautschukschläuche verbunden.

Wenn man mittelst dieses Apparates die Gase des Blutes bestimmen will, so befestigt man zunächst an dem Seitenrohr *E* des Gefässes *D* den mit defibrinirtem Blute gefüllten Recipienten *F*, dann giesst man durch den Tubulus *G* so lange Quecksilber in *A* ein bis dasselbe in *A*, *B* und *D* etwa 80 mm hoch steht. Hierauf verschliesst man die Kautschukschläuche zwischen *A* und *B* und *B* und *C* durch Anlegen der Klemmen *H* und *M*, verbindet das obere Ende von *D* mit einer Luftpumpe und pumpt die Luft aus. Auf diese Weise werden die in den Kautschukgelenken haftenden Luftblasen entfernt. Man öffnet die Klemme *H* und lässt das Quecksilber in *D* aufsteigen. Das Pumpen dauert so lange fort bis *D* fast vollständig mit Quecksilber gefüllt ist. Im Fall, dass in den Apparat zu wenig Quecksilber eingegossen war, muss während des Pumpens durch *G* Quecksilber nachgegossen werden. Ist *D* fast voll Quecksilber, so schliesst man die Klemme bei *I*, entfernt die Luftpumpe, füllt in *D* Quecksilber nach, verschliesst die Klemme bei *K*, öffnet die Klemmen *H* und *I*, und setzt die Luftpumpe bei *G* an. Jetzt steigt das Quecksilber in *A* und fällt in *D*, zugleich bildet sich im letzteren das Vacuum. Das Pumpen aus *A* dauert so lange fort, bis das Quecksilberniveau in *D* unterhalb des Ansatzrohrs *E* gesunken ist. Man verschliesst die Klemme bei *H* und öffnet die Klemme bei *L*. Das Blut fängt an zu kochen und die Gase desselben nebst etwas Schaum steigen in *D* über.

Um die Gase in das Eudiometer überzuführen, befestigt man auf *K* einen gläsernen Trichter, dessen verlängerter Hals in die Trichterausbuchtung hineinragt, Fig. 303, 1/4 nat. Gr., füllt denselben voll Quecksilber und stülpt über die innere Röhre eine mit Quecksilber gefüllte Eudiometerröhre. Hierauf verschliesst man *L*, öffnet allmälig die Klemme *H* und bringt so die Gase in der Eudiometerröhre zum Aufsteigen.

Fig. 303.



Um die Gase vollständig in das Eudiometer überzuführen, verschliesst man die Klemme *H*, füllt die Trichterröhre *C* mit Quecksilber und öffnet vorsichtig die Klemme *M*. Das Quecksilber wird so lange eingegossen bis das Gefäss *D* vollständig gefüllt ist.

Die aufgezählte Reihe von Operationen wiederholt man so lange, als das Blut noch Gase liefert.

Statt des von uns benützten Sammeltrichters, gebrauchte Setschenow eine an beiden Enden offene, mit Kautschukschläuchen und Klemme verschliessbare Glasröhre, welche auf das Gefäss *D* aufgesetzt wurde. Die

Röhre wurde bei Beginn des Versuchs an *D* befestigt, mit der Luftpumpe verbunden und gleichfalls evacuirt. Dabei war es aber dann nothwendig. die Gase aus dieser Röhre zur Analyse in ein Eudiometer überzuführen. Dies wird durch die Anwendung obigen von Hoppe-Seyler[1]) bei Gelegenheit seiner Untersuchung der Milchgase construirten Sammeltrichters für Gase umgangen.

Ein Vorzug des Setschenow'schen Apparates besteht darin, dass man durch eine kleine Umgestaltung einen Apparat zum gleichzeitigen Auskochen zweier, dreier und mehr Portionen Blut erhalten kann. Bei einer derartigen Anwendung muss das mittlere Stück *B* in seinem horizontalen Theil so viele Zweige tragen, als man Blutportionen untersuchen will. Ein jeder dieser Zweige steht durch einen Kautschukschlauch mit Klemme mit einem Gefäss von der Form des Gefässes *D* in Verbindung. Die Gefässe werden einzeln mit Quecksilber gefüllt und in ihnen nach einander auf die oben angegebene Weise ein Vacuum erzeugt.

Der Versuch wird sehr erleichtert, wenn man ein verzweigtes Rohr zur Verbindung der Gefässe *D* mit der Luftpumpe anwendet.

β. Gewinnung der Blutgase durch Apparate, in welchen ein luftleerer Raum durch kochende Wasserdämpfe erzeugt wird. Diese Art der Erzeugung eines luftleeren Raumes wurde zuerst von Bunsen angegeben und von Baumert[2]) bei seinen Versuchen über die Respiration des Schlammpeizgers, Cobitis fossilis, benutzt, um die in Wasser absorbirten Gase zu gewinnen. Das nämliche Princip wandte später Lothar Meyer an, um die Gase des Blutes zu gewinnen.

Der Apparat Lothar Meyer's[3]) zur Gewinnung der Gase des Blutes besteht aus dem etwa 1 Litre fassenden, mit langem Halse versehenen Kolben *A*, Fig. 304, $^1/_6$ nat. Gr., der gläsernen Vorlage *B* und der an beiden Enden ausgezogenen und graduirten Glasröhre *C*.

Bei Beginn des Versuchs füllt man den Kolben *A* mit noch siedend heissem destillirtem Wasser, das man etwa eine Stunde lang zur Austreibung aller absorbirten Luft in lebhaftem Kochen erhalten, vollständig an, schiebt einen Kautschukschlauch darüber, verschliesst denselben und stellt den Kolben umgekehrt in gleichfalls ausgekochtes Wasser.

Sobald nun in die Arterie oder Vene, aus der man das Blut zu nehmen beabsichtigt, eine mit einem Hahn und einem biegsamen Schlauch versehene Kanäle eingeführt und aus dem Schlauch durch einige Tropfen Blut alle Luft verdrängt ist, kehrt man den Kolben um, öffnet seinen

---

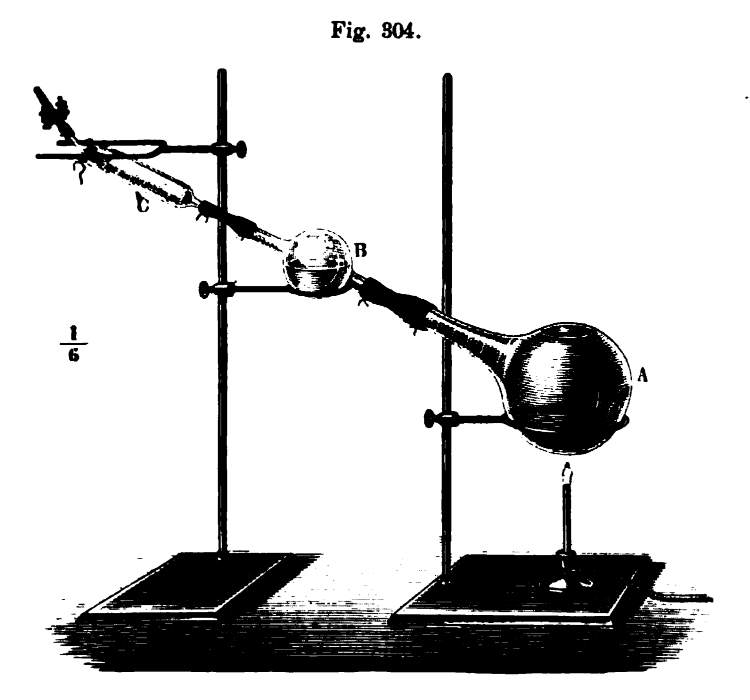
[1]) Hoppe. Untersuchungen über die Bestandtheile der Milch und ihre nächsten Zersetzungen. Virchow's Arch. Bd. 17. S. 437. 1859.

[2]) Baumert. Chemische Untersuchungen über die Respiration des Schlammpeizgers (Cobitis fossilis) S. 5. 1855. Auch: Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 88, S. 2. 1853.

[3]) Meyer. Die Gase des Blutes. Zeitschr. für rationelle Medicin. N. F. Bd. VIII, S. 258. 1857.

Verschluss, zieht, während derselbe ruhig steht, mit einem Heber das Wasser aus dem grössten Theil des mit Theilung versehenen und ka-

Fig. 304.



librirten Halses, notirt den Stand des Wassers, führt den an der Kanüle befestigten Schlauch unter die Oberfläche des Wassers und lässt, indem man den Hahn öffnet, etwa 50 cbcm Blut in denselben einfliessen. Das Blut kommt auf diese Weise gar nicht mit der Atmosphäre in Berührung. Nachdem abermals der Stand des Wassers im Kolbenhalse abgelesen, füllt man rasch mit bereit gehaltenem luftfreiem Wasser den Kolben vollständig an und verschliesst ihn sofort wieder mit einer Klemme. Der Unterschied der beiden Ablesungen ergiebt die eingeflossene Blutmenge.

Hierauf verbindet man *A* mit *B* und *B* mit *C* durch Kautschukschläuche, füllt *B* zur Hälfte mit ausgekochtem destillirtem Wasser, erhitzt dieses Wasser und hält es etwa 10 Minuten in lebhaftem Kochen. Man kann nun sicher sein, dass alle Luft durch den aus dem offenen Ende von *C* ausströmenden Wasserdampf ausgetrieben ist. Während der Dampf noch aus *C* ausströmt, legt man eine Klemme an und entfernt unmittelbar darauf die Flamme unter *B*. Ist das Wasser abgekühlt, so öffnet man die Verbindung zwischen *A* und *B* durch Wegnahme der Klemme und schiebt durch vorsichtiges Drehen den Kolbenhals in den

nun durch den Luftdruck in der Mitte zusammengepressten Schlauch so weit hinein, dass er mit *B* in unmittelbare Berührung kommt. Die Flüssigkeit in *A* steht nun mit den nur Wasserdampf enthaltenden Räumen *B* und *C* in directer Verbindung; eine geringe Erwärmung von *A* reicht hin, die Flüssigkeit in lebhaftes Kochen zu versetzen, namentlich wenn man für gute Abkühlung der Vorlage *B* sorgt. Um nun die in *B* befindlichen Gase, welche durch das Kochen aus *A* entwichen, vollständig nach *C* überzuführen, wird der Kolben *A* etwas schräg gehalten: der in dem Bauche des Kolbens sich ansammelnde Wasserdampf treibt alsdann die Flüssigkeit in die Vorlage *B*. Ist diese gefüllt, so klemmt man *A* von *B* ab, erhitzt *B* und schliesslich *C*, wobei die in *C* übergerissene Flüssigkeit durch den gebildeten Wasserdampf nach *B* getrieben wird, namentlich wenn man die Vorlage *B* abkühlt. Man klemmt nun *B* ab und hat so in *C* die durch Kochen austreibbaren Gase.

Um diejenige Kohlensäuremenge, die sich durch Kochen nicht austreiben lässt, zu bestimmen, verfährt man folgendermaassen. Man öffnet die Klemme zwischen *A* und *B*; *A* füllt sich dann vollständig wieder mit Flüssigkeit. Die noch in der Vorlage *B* restirende Flüssigkeit lässt man schnell in einen Messcylinder fliessen, entfernt die Vorlage selbst, öffnet den Verschluss von *A*, wirft in den Kolben rasch einige grosse Krystalle von Weinsäure und verschliesst sofort wieder. Da man den Inhalt des ganzen Ballons kennt, sowie die aus der Kugel ausgeflossene Flüssigkeitsmenge, so ergiebt eine einfache Rechnung wie viel von dem angewandten Blute noch im Kolben enthalten ist. Mit diesem Rückstande wird jetzt, nachdem man eine neue Vorlage aufgesetzt, dasselbe oben geschilderte Verfahren wiederholt. Die beiden so mit Gas gefüllten Röhren *C* werden unter Quecksilber in ein Endiometer übergeführt und daselbst analysirt.

Auf diese Weise fand Meyer in 100 Vol. Blut aus der Carotis vom Hunde bei 0° C. und 760 mm Quecksilber Druck:

Versuch	I.	II.	III.
Freies Gas	20·88	28·24	25·50
Sauerstoff	12·34	18·42	14·29
Stickstoff	2·83	4·54	5·04
Freie Kohlensäure . .	5·62	5·28	6·17
Gebundene Kohlensäure	28·61	20·97	28·58
Gesammte Kohlensäure .	34·23	26·25	34·75
Gesammtes Gas . . .	49·49	49·21	54·08.

d. Die Gaspumpen. Die Gaspumpen sind Apparate, die speciell zur Entgasung des Blutes erfunden und construirt wurden. Alle haben das Gemeinsame, dass unter dem Abschluss der Luft aufgefangenes Blut mit einem luftleeren Raum, der Toricelli'schen Leere [1]), in Berührung

[1]) Zur Orientirung über das Alter der Quecksilberpumpen führen wir an dass die erste derartige Pumpe von Swedenborg construirt wurde. Die

gebracht wird, in den die Gase abdampfen. Aus diesem Raum werden dieselben durch besondere Vorrichtungen in Eudiometer zur Analyse übergeführt. Die erste Gaspumpe, die das Barometervacuum zur Gewinnung der Blutgase benutzte, construirte nach Kühne[1]), Hoppe-Seyler.

Die verschiedenen Gaspumpen unterscheiden sich von einander durch das Verfahren in der Erzeugung des Vacuums, durch die Art des Vacuums und die Methode, in der das zu entgasende Blut in den Recipienten eingebracht wird. Auf jeden dieser Unterschiede lässt sich eine Eintheilung der verschiedenen Gaspumpen gründen. Der hauptsächlichste Unterschied der Pumpen liegt darin, dass bei der einen Art das Vacuum nass ist, bei der anderen trocken. Wir unterscheiden darum Pumpen mit nassem Vacuum und Pumpen mit trockenem Vacuum.

α. Gaspumpen mit nassem Vacuum. Die hier abzuhandelnden Apparate wurden von Hoppe-Seyler, Ludwig, Lothar Meyer, Helmholtz, Alexander Schmidt, Mathieu und Urbain, Estor und Saint-Pierre construirt. Das Blut, das mittelst dieser Apparate entgast werden soll, wird meist vorher in besonderen Gefässen unter Quecksilber aufgefangen, daselbst defibrinirt und eine gemessene Menge hiervon in den Blutrecipienten der Gaspumpen übergeführt. Die dabei gebräuchlichen Verfahrungsweisen erörtern wir im Anschluss an die Beschreibung obiger Pumpen.

aa. Die Gaspumpe von Hoppe-Seyler[2])

besteht aus einer Glasröhre *A*, Fig. 305, $^1/_{10}$ nat. Gr., s. f. S., von 9 d Länge und 1 cm Weite und einer weiteren Röhre *B* von 3 d Länge, welche durch die Fassung eines Stahlhahns *C* mit einander verbunden und an einem aufrecht stehenden Brette befestigt sind. An der Röhre *A* ist unten der Stahlhahn *D* angebracht, an der Röhre *B* oben der Stahlhahn *E*, über dem sich ein gusseiserner im Boden durchbohrter Trichter *F* befindet. Am oberen Ende von *A* ist seitlich ein kurzes Röhrchen *G* angesetzt, an welches mittelst Kautschukschlauches der Blutrecipient *H* angefügt wird. Es ist dies eine an einem Ende abgeschmolzene, am anderen Ende verjüngte und gebogene Glasröhre, in welcher das Blut direct aus der Ader unter Quecksilber aufgefangen und defibrinirt wird. Ist der Blutrecipient mit *G* verbunden, so füllt man den ganzen Apparat mit Quecksilber, indem man den Hahn *D* schliesst und das Quecksilber

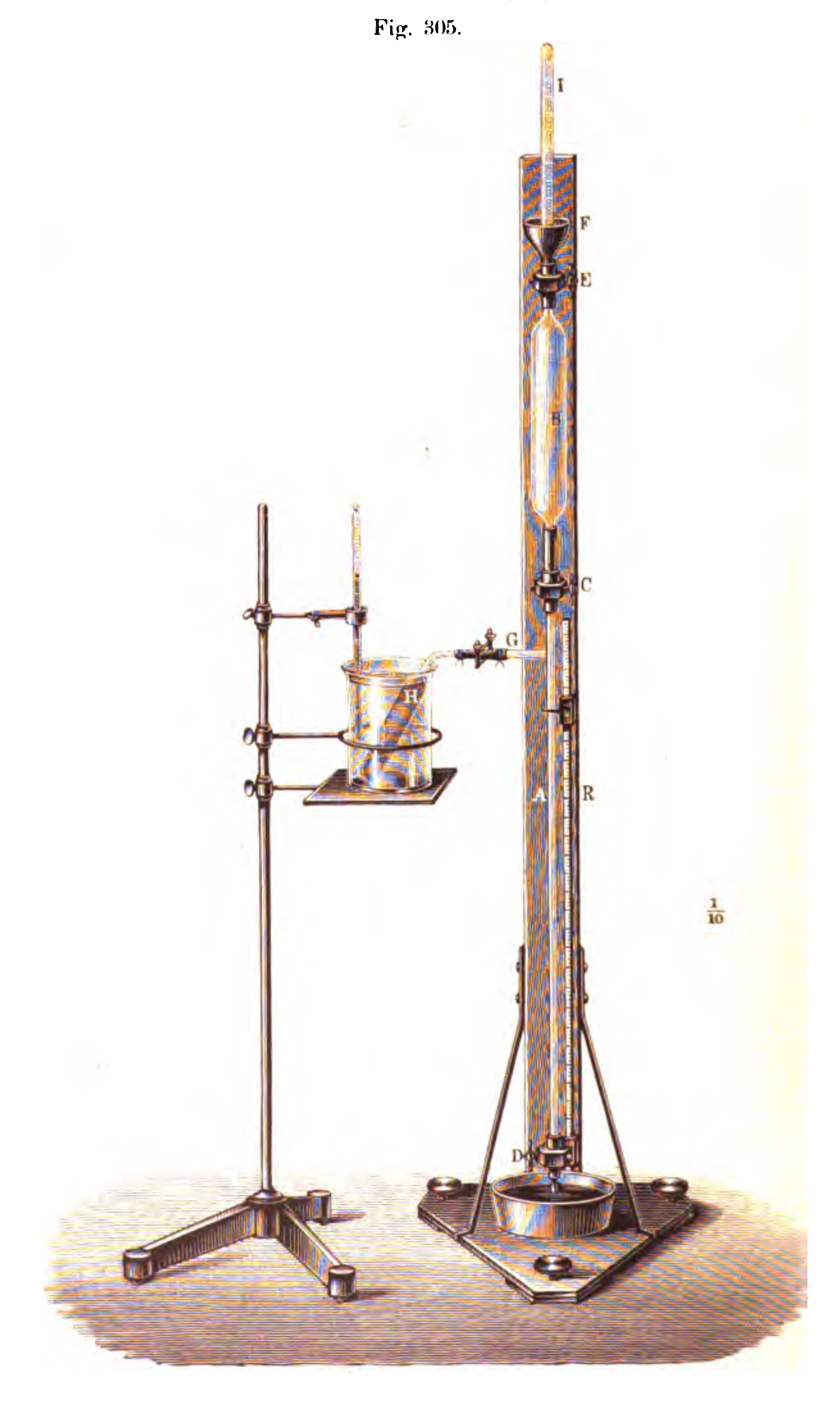
---

selbe wurde von ihm als Novus mechanismus antliae pneumaticae ope mercurii beschrieben und abgebildet. Swedenborgii miscellanea observata circa res naturales et praesertim circa mineralia, ignem et montium strata p. 101 und Fig. 11. 1722.

[1]) Kühne. Lehrbuch der physiologischen Chemie. S. 226. 1868.

[2]) Hoppe. Untersuchungen über die Bestandtheile der Milch und ihre nächsten Zersetzungen. Virchow's Arch. Bd. 17, S. 437. 1859.

Fig. 305.



durch den Trichter F eingiesst. Ist A und B vollständig gefüllt, so schliesst man den Hahn E und öffnet den Hahn D. Das Quecksilber tritt nunmehr bis zur Barometerhöhe durch den Hahn D aus und sammelt sich in der darunter befindlichen Schale an. Die Höhe der Quecksilbersäule in A hat nur dann Barometerhöhe, wenn aus dem Apparate alle Luft entfernt ist. Es muss daher bei geschlossenem Hahn D das Nachfüllen des Quecksilbers von F aus so lange wiederholt werden, bis beim Oeffnen von D die Quecksilbersäule in A Barometerhöhe hat; dieselbe wird leicht an dem Massstabe R erkannt, an welchem ein Zeiger verschiebbar angebracht ist; hat die Quecksilbersäule in A Barometerhöhe, so schliesst man den Hahn D. Der über der Quecksilbersäule in A und B befindliche Raum bildet das Vacuum. Derselbe kann durch den mittleren Hahn C abgeschlossen und durch Oeffnen von E wieder mit Quecksilber aus der gusseisernen Schale gefüllt werden, während die in demselben enthaltenen Gase in ein graduirtes Rohr I aufsteigen, welches mit Quecksilber gefüllt über die Durchbohrung des Trichters F gestülpt ist.

Nachdem man ein möglichstes Vacuum in dem Apparate hergestellt, öffnet man vorsichtig die Klemme des Recipienten H. Auch bei grösster Vorsicht wird es sich nun stets ereignen, dass etwas Blut aus demselben in das Vacuum mitgerissen wird, wodurch jedoch der Gang des Quecksilbers im Apparat nicht beeinträchtigt wird.

Die im Vacuum enthaltenen Gase werden, nachdem der Hahn C geschlossen ist, in das Absorptionsrohr I übergeführt. Zu dem Zweck füllt man F bis an den Rand mit Quecksilber und öffnet vorsichtig den Hahn E. Sobald F auf etwa $^1/_3$ ausgelaufen ist, schliesst man E wieder und füllt Quecksilber nach. Dies wiederholt man so lange, bis B vollständig wieder mit Quecksilber gefüllt ist. Man stellt hierauf wiederum ein Vacuum, wie oben angegeben, her, öffnet wieder die Klemme des Recipienten etc.; zuletzt wird H, um alles Gas zu erhalten, erwärmt, indem man es in ein Glasgefäss taucht, das Wasser von etwa 50° C. enthält. Entweicht kein Gas mehr aus H, so klemmt man G ab und treibt das in B befindliche Gas in das Absorptionsrohr I, indem man bei F Quecksilber eingiesst und den ganzen Apparat damit anfüllt.

Dieser Apparat eignet sich in seiner Einfachheit vorzüglich zur Demonstration der Anwesenheit der Gase im Blute; aber auch zu anderen Bestimmungen. Hoppe-Seyler[1]) benutzte ihn z. B. um mittelst desselben den Nachweis zu führen, dass die Hämoglobinkrystalle lose gebundenen Sauerstoff enthalten.

---

[1]) Hoppe-Seyler. Beiträge zur Kenntniss des Blutes des Menschen und der Wirbelthiere. Dessen: Medicinisch-chemische Untersuchungen. S. 191. 1866 – 1871.

bb. Die Gaspumpe von Ludwig.

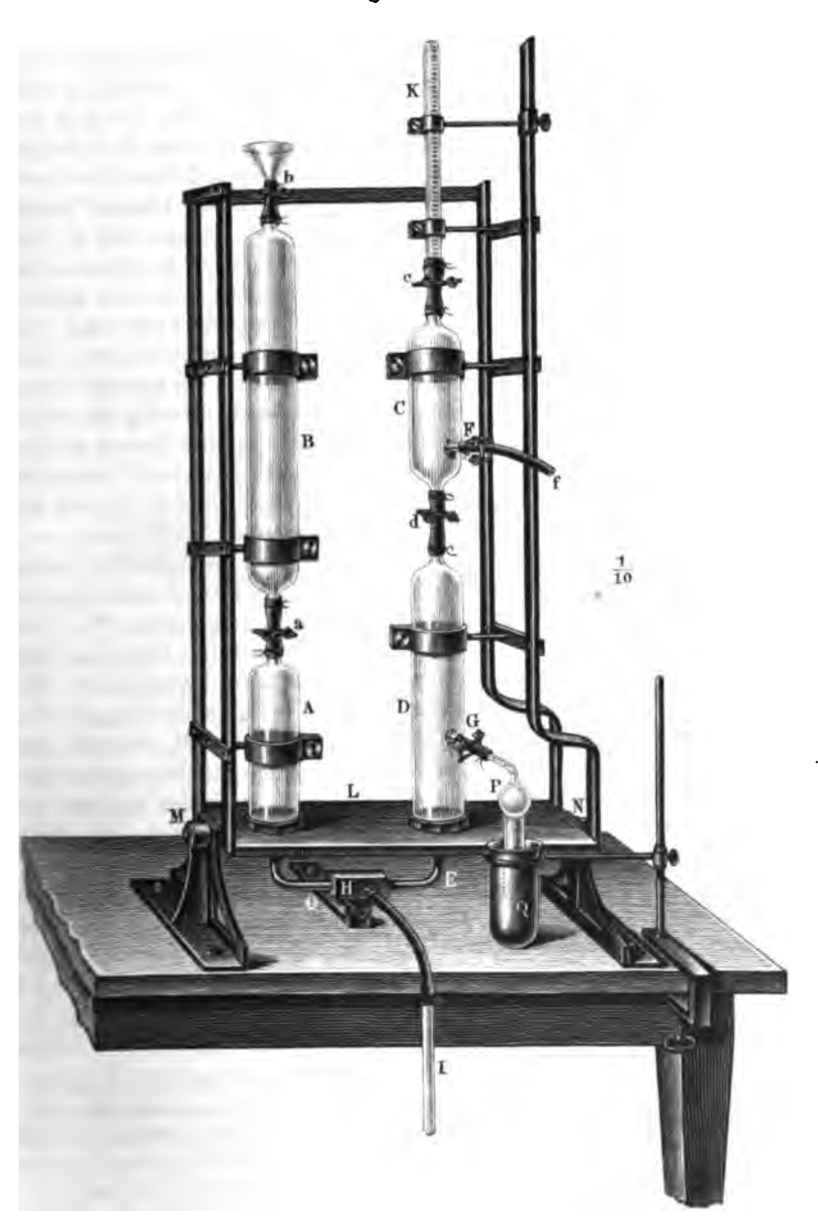
Diese Pumpe, Fig. 306, $^{1}/_{10}$ nat. Gr., besteht in ihrer ursprünglichen von Setschenow[1]) beschriebenen Gestalt aus vier Glascylindern *A*, *B*, *C* und *D*, von denen *A* und *D* an ihrem unteren Ende in eiserner Fassung in das gusseiserne Rohr *E* eingeschraubt sind, während ihre oberen Enden mit den Glascylindern *B* und *C* durch die Kautschukschläuche *a* und *d* in Verbindung stehen. An den Glascylindern *C* und *D* befindet sich je ein Seitenrohr *F* und *G*; in der Mitte des gusseisernen Rohrs *E* ist ein Seitenrohr *H* angebracht, das mittelst eines Kautschukschlauches in ein gläsernes Rohr *I* übergeht, dessen unteres Ende gleichfalls mit einem Kautschukschlauch und einer Klemme versehen ist. Die Glascylinder *A*, *B*, *C* und *D* und ebenso die Eudiometerröhre *K* sind an eisernen Stangen befestigt, die ihrerseits wieder an die Eisenplatte *L* angeschraubt sind. Die Eisenplatte *L* ist in den Charnieren *M* und *N* drehbar; dadurch ist die Möglichkeit gegeben, dem Apparat sowohl eine verticale als horizontale Stellung zu geben. In verticaler Stellung wird der Apparat durch die Schraubenvorrichtung *O* gehalten, in horizontaler Stellung muss er durch Unterlagen gestützt werden.

Bei dem Gebrauch des Apparates werden zunächst die Seitenrohre *F* und *G* sowie das obere Ende von *B* mit Kautschukschläuchen versehen; die Kautschukschläuche werden auf die gläsernen Ansatzstücke fest aufgebunden und auf allen Kautschukverbindungen Meyer'sche Klemmschrauben angebracht. Die Füllung des Apparats geschieht in folgender Weise. Man schliesst die Kautschukschläuche bei *F* und *G*, sowie das untere Ende der Röhre *I* mit Klemmen, steckt in den Kautschukschlauch *b* einen Trichter und giesst in denselben so lange Quecksilber, bis dieses im Rohr *C* erscheint. Hierauf wird die Röhre *I* geschüttelt, um die in dem Quecksilber enthaltenen Luftblasen zum Aufsteigen zu bringen; dann schliesst man die Klemmen auf den Kautschukschläuchen *b*, *a* und *d* und legt den Apparat horizontal. Nun füllt man *K* und *C* ebenfalls mit Quecksilber und schliesst die Kautschukschläuche *e* und *f* gleichfalls durch Klemmen. Man bringt den Apparat in die verticale Stellung zurück, öffnet die Klemme am unteren Ende der Röhre *I* unter Quecksilber und prüft beim Ablassen des Quecksilbers die einzelnen Kautschukverbindungen auf ihre Dichtheit. Hat man dieselben luftdicht gefunden, so muss das Quecksilber unterhalb des Seitenrohrs *G* stehen bleiben, da die Entfernung von hier bis zur unteren Klemme von *I* ungefähr 760 mm beträgt. Ist dies der Fall, so schliesst man die untere Klemme von *I*.

---

[1]) Setschenow. Beiträge zur Pneumatologie des Blutes. Sitzungsberichte der mathemat.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 36 S. 304. 1859. Auch: Zeitschrift für rationelle Med. III. R. Bd. 10, S. 112 1861.

Fig. 306.



Das zu evacuirende Blut befindet sich in dem Blutrecipienten *P*. Derselbe hat die nämliche Gestalt, wie der früher von Meyer[1]) zu seinen Absorptionsversuchen benutzte, nur dass der Hals desselben rechtwinklig gebogen ist. Der Recipient ist calibrirt und fasst 80 bis 100 cbcm. Beim Auffangen des Blutes wird er mit Quecksilber gefüllt, in eine Quecksilberwanne umgestürzt und das Blut direct aus der Ader des Thiers in denselben geleitet. Hat das Blut den getheilten Hals des Recipienten erreicht, so schliesst man ihn durch einen Kautschukschlauch und Klemme und liest den Stand des Quecksilbers ab. Hierauf defibrinirt man es durch Schütteln und befestigt den Recipienten bei *G*. Hat man in *D* und *C* ein Vacuum erzeugt und öffnet man die Klemme des Recipienten, so fängt das Blut alsbald an gewaltig zu kochen und der Schaum erfüllt anfangs das ganze Vacuum. Dadurch wird etwas Blut aus dem Recipienten nach *D* gerissen. Um es zurückzubringen, öffnet man etwas die Klemme bei *a* und regulirt das Niveau des Quecksilbers in *D* so, dass das Blut in den Recipienten zurück fliesst. Schliesslich steckt man den Recipienten in das Gefäss *Q*, welches warmes Wasser enthält. Um die in das Vacuum getretenen Gase in das Eudiometer *K* überzuführen, schliesst man den Recipienten ab, giesst Quecksilber in *B* nach und öffnet vorsichtig die Klemme *c*. Hierauf schliesst man die Klemme *c* wieder, bildet wiederum ein Vacuum und lässt das Blut wieder kochen. Diese Operationen wiederholt man so lange, bis keine Gase mehr aus dem Blute zu bekommen. Das gasfreie Blut ist vollständig schwarz[2]).

Um die chemisch gebundene Kohlensäure aus dem Blute zu erhalten, wird ein neuer Gasrecipient und ein neues Rohr *C* genommen. Man legt zu dem Ende den Apparat um, nimmt das Eudiometer sowie *C* ab, füllt *K* und *C* mit Quecksilber, *C* jedoch nicht ganz voll. In den übrigen Raum bringt man durch Kochen von Luft befreite Weinsäurelösung noch heiss ein, schliesst den Kautschukschlauch, stellt den Apparat vertical, erzeugt wieder ein Vacuum und öffnet die Klemme *g*. Die Weinsäure fliesst in den Recipienten *P* und treibt die Kohlensäure aus.

Schöffer[3]) modificirte die Ludwig'sche Pumpe dadurch, dass er die Röhren *D* und *C*, welche früher das Vacuum bildeten, durch Ellipsoide ersetzte. Dadurch konnte der Apparat, ohne das Vacuum zu ver-

---

[1]) Meyer. Die Gase des Blutes. Zeitschr. für rat. Med. N. F. Bd. 8, S. 277. 1857.

[2]) Die Angabe Preyer's, Ueber die Bindung und Ausscheidung der Blutkohlensäure bei der Lungen- und Geweheathmung. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 49, 2. Abthl., S. 28. 1864, dass das gasfreie Blut des Schafes dunkelrothbraun aussieht, konnte Pflüger. Die Kohlensäure des Blutes S. 7. 1864, nicht bestätigen.

[3]) Schöffer. Ueber die Kohlensäure des Blutes und ihre Ausscheidung mittelst der Lunge. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 41, S. 592. 1860. Auch: Zeitschr. für rat. Med. III. R. Bd. 11, S. 92. 1861.

ringern, niedriger gemacht werden. Weiter verband Schöffer die Röhre *D* mit der gusseisernen *E* durch einen Kautschukschlauch. *E* konnte dadurch längere Zeit unverändert bleiben und nur die Ellipsoide mussten bei jedem Versuch gewechselt werden. Auch war dadurch die Möglichkeit gegeben, mehrere Auspumpungen an einem Tage zu machen. Statt des Recipienten *P* von aus der Fig. 306, $^1/_{10}$ nat. Gr., erkennbaren Gestalt benutzte Schöffer ein glockenförmiges Gefäss, an das eine gebogene und mit Theilung versehene Glasröhre angeschmolzen war. Einen derartigen Recipienten versinnlicht Fig. 307, $^1/_3$ nat. Gr. Die Füllung desselben geschah in der nämlichen Weise, wie oben angegeben.

Fig. 307.



Um die sogenannte gebundene Kohlensäure aus dem Blute zu erhalten, setzte Preyer [1]) zu demselben, nachdem auch beim Erwärmen keine Gase mehr zu erhalten waren, 1·1 Proc. Oxalsäure. Die Säure war deshalb von so geringem Procentgehalt gewählt, damit nicht durch ihren Zusatz zum Blut Coagulation in grösserem Umfange hervorgerufen würde.

Der Vollständigkeit halber führen wir an, dass Sczelkow [2]) am oberen Ende des langen Glasrohrs *B*, durch welches das Quecksilber eingegossen wurde, einen Stahlhahn anbrachte. Der Abschluss der Röhre konnte so momentan erzeugt werden.

Die Ludwig'sche Gaspumpe in der von Setschenow beschriebenen und von Schöffer modificirten Form wird jetzt nicht mehr zur Gewinnung der Gase des Blutes benutzt. Man bedient sich jetzt vollkommnerer Apparate. Einen Apparat, der das Princip der Ludwig'schen Pumpe und die bei ihrem Gebrauch nothwendigen Handgriffe erläutert,

---

[1]) Preyer. Ueber die Bindung und Ausscheidung der Blutkohlensäure bei der Lungen- und Gewebeathmung. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 49, 2. Abthl. S. 28. 1864.

[2]) Sczelkow. Beiträge zur vergleichenden Pneumatologie des Blutes. Arch. für Anatom., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1864, S. 517. 1864.

construirte Kowalewsky. Diesen Apparat kann man sich selbst mit den Mitteln, die in jedem Laboratorium vorhanden sind, anfertigen. Man hat nur weite Glascylinder an ihren Enden zu verjüngen, die verjüngten Enden mit Kautschukschläuchen zu verbinden und die verbundenen Stücke an einem eisernen Stativ zu befestigen. Das Stativ muss jedoch auf dem Tische angeschraubt werden können.

Der Apparat von Kowalewsky[1]) besteht aus drei an beiden Enden sich verjüngenden Glascylindern *A*, *B*, *C*, Fig. 308, ¹⁄₄ nat. Gr., und einer etwa 70 cm langen Glasröhre *E*. Die einzelnen Glascylinder stehen durch eine ⊤-förmige Röhre *D* und Kautschukschläuche mit einander in Verbindung. Der Cylinder *C*, an dessen unterem Ende die Glasröhre *E* befestigt ist, steht in einem Blechgefäss *F*, welches Wasser enthält. Das Wasser in *F* wird durch den seitlichen Ansatz *G*, unter den eine Lampe geschoben wird, erhitzt.

Um die Pumpe zu füllen, verschliesst man zunächst das untere Ende der in Quecksilber befindlichen Röhre *E*, dann steckt man einen Kautschukschlauch nebst Trichter auf *B* und giesst so lange Quecksilber ein, bis dasselbe durch das Röhrchen *H* ausfliesst; so oft das Quecksilber über einen Kautschukschlauch zu stehen kommt, schliesst man die an ihm befindliche Klemme. Um die Luft aus dem Quecksilber zu entfernen, öffnet man, nachdem alle Kautschukverbindungen mit Klemmen verschlossen sind, die Klemme *K*. Das Quecksilber fällt und in *C* entsteht theilweise ein Vacuum. Man schliesst *K* und öffnet die Klemmen *I* und *M*. Das Quecksilber aus *B* wandert nach *C* und die in dem Quecksilber enthaltene Luft entweicht nach *B*. Man schliesst *I* und *M*, öffnet *O*, erzeugt in *C* wieder ein Vacuum und füllt Quecksilber nach. Man schliesst *O*, und öffnet die Klemme *I* und *L*. Das Quecksilber fällt aus *A* nach *C*. Die in dem Quecksilber enthaltene Luft entweicht nach *A*. Man schliesst die Klemme *I*, öffnet die Klemmen *O*, *M* und *N* und giesst Quecksilber ein, bis dasselbe bei *H* zum Vorschein kommt. Nunmehr schliesst man die Klemmen *O*, *M* und *N*, lässt *L* offen und entfernt die Klemmen *I* und *K*. Das Quecksilber in *A* und *C* fällt und in dem oberen Theil von *C* sowie in *A* bildet sich ein Vacuum. Man schliesst die Klemmen *L* und *I* und lässt das Blut, dessen Gase man untersuchen will, durch den unteren Kautschukschlauch der Röhre *E* eintreten. Dasselbe steigt in die Höhe und sammelt sich in dem oberen Theil von *C* an. Man schliesst *K*. Hierauf öffnet man die Klemme bei *I* und *L* sehr behutsam; das Blut schäumt nun in das Vacuum *A*; man lässt dasselbe sich in dem oberen Theil des Gefässes *C* sammeln und schliesst die Klemme bei *I*. Nun öffnet man die Klemmen *M*, *L* und *O*, giesst durch den Trichter Quecksilber ein und löst *N*; das Quecksilber treibt die Gase aus *A*

[1]) Kowalewsky. Ueber die Maassbestimmung der Athmungsgase durch ein neues Verfahren. Berichte über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math.-phys. Classe. Bd. 18, S. 121. 1866.

durch *H* in die darüber gestülpte Eudiometerröhre. Man schliesst hierauf *N*, *L* und *M*, giesst Quecksilber nach und schliesst *O*. Man öff-

Fig. 308.



t *K* und hernach *I* und *L*. In *A* entsteht alsbald wieder ein Vacuum, e Gase dampfen wieder in dasselbe ab und werden wieder durch ge-

eignete Manipulationen in die Eudiometerröhre übergeführt. So fährt man so lange fort, bis kein Gas mehr aus dem Blut entweicht.

Analysen der Gase des Blutes, welche mittelst dieses Apparates gewonnen wurden, liegen nicht vor. Derselbe eignet sich im Wesentlichen nur zur Demonstration der Gewinnung der Blutgase nach Ludwig. Kowalewsky hat gezeigt, dass der Apparat sich anderweitig auch zweckmässig verwenden lässt. Er benutzte ihn z. B. zur volumenometrischen Bestimmung der von einer Kalilösung absorbirten Kohlensäure bei Respirationsversuchen.

Mit der Ludwig'schen Pumpe wurden 93 Analysen ausgeführt; 78 des Hundeblutes, 15 des Lammblutes. 16 von Setschenow, Schöffer und Sachs[1]) mit der ursprünglichen Pumpe, die übrigen 77 von Schöffer Sczelkow[2]) Preyer[3]), Holmgren[4]) und Hirschmann[5]) mit der Modification der Pumpe von Schöffer. Dies ist für die Beurtheilung der erhaltenen Kohlensäuremengen wichtig, da, wie Ludwig[6]) hervorhebt, bei den mittelst des ersteren Apparates gewonnenen Gasen die Möglichkeit nicht ausgeschlossen blieb, dass ein Theil der schon ausgeschiedenen Kohlensäure wieder absorbirt wurde, indem es das Verfahren mit sich brachte, dass die Gase nicht vollkommen vom Blute getrennt werden konnten.

cc. Die Gaspumpe von Lothar Meyer

zeichnet sich vor der von Ludwig durch grössere Handlichkeit aus[7]). Dieselbe wurde im Jahre 1860 von Meyer für das physiologische Institut zu Breslau construirt. Sie besteht, Fig. 309, $^1/_{12}$ nat. Gr aus dem grossen etwa 1400 cbcm fassenden Gefäss *A*, das auf eine

[1]) Sachs. Ein Beitrag zur Frage über den Ort der Kohlensäurebildung im Organismus. Arch. für Anatom., Physiol. und wissensch. Medicin. Jahrg. 1863, S. 351. 1863.

[2]) Sczelkow. Zur Lehre vom Gasaustausch in verschiedenen Organen. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 4[illegible] 2. Abthl. S. 199. 1862.

[3]) Preyer. Ueber die Bindung und Ausscheidung der Blutkohlensäure bei der Lungen- und Gewebeathmung. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 49, 2. Abth. S. 32. 1864.

[4]) Holmgren. Ueber den Mechanismus des Gasaustausches bei der Respiration. Sitzungsber. der math.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 48, 2. Abth. S. 614. 1863.

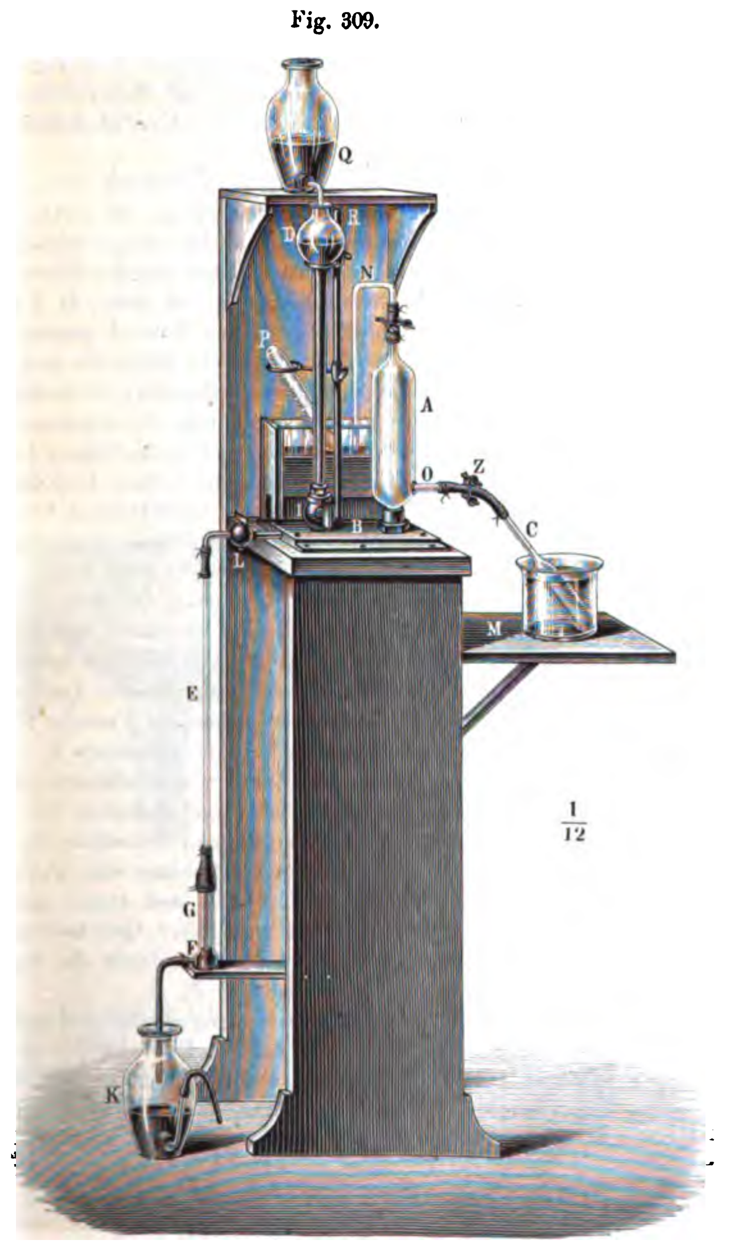
[5]) Hirschmann. Ein Beitrag zur Frage über den Ort der Kohlensäurebildung im Organismus. Arch. für Anatom., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1866, S. 511. 1866.

[6]) Ludwig. Zusammenstellung der Untersuchungen über Blutgase, welche aus der physiologischen Anstalt der Josefs-Akademie hervorgegangen sind. Zeitschr. der k. k. Gesellsch. der Aerzte in Wien. Jahrg. 15, S. 11. 1865.

[7]) Nawrocki. Ueber die Methoden den Sauerstoff im Blute zu bestimmen. Heidenhain. Studien des physiologischen Instituts zu Breslau. Heft [illegible] S. 148. 1863.

eisernen in der Mitte mit einem Canale versehenen Platte *B* aufgeschraubt ist, der mit einem Hahn *I* versehenen Trichterröhre *D*, welche

Fig. 309.



ebenfalls auf *B* aufgeschraubt ist und mit dem Canal in dessen Innerem communicirt, und der Barometerröhre *E*, welche bis auf den Boden des kleinen, etwas Quecksilber enthaltenden Gefässes *F* reicht und mit diesem durch einen Kautschukschlauch luftdicht verbunden ist. An dem oberen Ende der Barometerröhre *E* ist ein Hahnstück *L* angebracht.

Der ganze Apparat ist vermittelst Schrauben auf einem hölzernen Gestell befestigt. Der Seitentisch *M* kann höher oder niedriger gestellt werden.

Wenn man mit dieser Pumpe eine Gasanalyse ausführen will, so befestigt man zunächst den Blutrecipienten *C*, welcher das zu entgasende defibrinirte Blut enthält, an der Röhre *O* und füllt die Pumpe mit Quecksilber. Dies geschieht dadurch, dass man Quecksilber aus der Flasche *Q* durch Neigen seines drehbaren Ausflussrohres in das Rohr *D* fliessen lässt, nachdem man den Hahn *I* geöffnet und den Hahn *L* geschlossen hat. Die in dem Apparate enthaltene Luft entweicht durch die mit *A* in Verbindung stehende Röhre *N*. Ist *A* und die Seitenröhre *O* sowie die Röhre *N* vollständig mit Quecksilber gefüllt, so legt man eine Klemme zwischen *A* und *N* an, sperrt den Canal in *B* durch Drehen des Hahns *I* nach oben ab und lässt das Quecksilber aus *A* durch die Röhre *E* ablaufen. Dasselbe sammelt sich in dem Gefäss *K*. Um ein vollständiges Vacuum zu erzielen, ist es nothwendig, diese Operation mehrmals auszuführen. Das Erzeugen eines vollkommenen Vacuums erleichtert man sich, wenn man das Abflussrohr *E* dadurch verlängert, dass man den Schlauch bei *F* luftdicht mit dem Ausflussrohr der Flasche *K* verbindet. Auf diese Weise kann man das Quecksilber so weit ablaufen lassen, dass bereits in dem Stück *E* ein Vacuum entsteht, in das die mitgerissenen Luftblasen aufsteigen; nachher füllt man *E* wieder durch Heben der Flasche *K*.

Nachdem man sicher ist, dass ein vollständiges Vacuum in *A* erzeugt wurde, und dass der Apparat in allen Theilen gut schliesst, öffnet man die Klemme *Z* des Blutrecipienten *C* und setzt dadurch das Blut mit dem Vacuum in Verbindung, zugleich senkt man denselben in warmes Wasser von 20 bis 25° C. ein. Nachdem der Schaum sich abgesetzt und das Blut in das Gefäss *C* zurückgeflossen ist, lässt man, um den etwa übrig gebliebenen Raum des Blutgefässes zu füllen, Quecksilber aus *D* zufliessen, legt die Klemme an und treibt die Gase durch das Quecksilber in *D* aus *A* durch *N* in das Eudiometerrohr *P*.

Der luftdichte Verschluss der eisernen Verbindungsstücke und Schrauben wird dadurch zu Stande gebracht, dass man die Eisenstücke vor dem Aufschrauben erwärmt, die auf einander passenden Flächen mit leicht schmelzbarem Kitt, den man durch Zusammenschmelzen von Fett und rohem Kautschuk erhält, überzieht und sie hernach so schnell als möglich mit einander verschraubt. Mit der nämlichen Schmiere werden auch die Hähne *I* und *L* bestrichen.

dd. Die Gaspumpe von Helmholtz[1])

zeigt Fig. 310, $^1/_{10}$ nat. Gr., Dieselbe besteht aus der mit seitlichem Ansatz versehenen Röhre *A*, die sich an beiden Enden verjüngt. Auf diese verjüngten Enden sind Kautschukschläuche geschoben, von denen der obere kürzere mit einer gebogenen Glasröhre *B* in Verbindung



Fig. 310.



steht, der untere längere *C* aber mit einem Glasgefäss *D*, das Quecksilber enthält. Das an *A* angebrachte seitliche Rohr wird mittelst eines Kautschukschlauchs mit dem Blutrecipienten *E* verbunden.

Um mittelst dieser Pumpe die Gase aus dem Blute zu gewinnen, befestigt man zunächst den Blutrecipienten *E*, der das zu evacuirende, unter Quecksilber aufgefangene und defibrinirte Blut enthält, an der seitlichen Röhre von *A*; hierauf giesst man Quecksilber in *D*, hebt *D* all-

[1]) Wundt. Lehrbuch der Physiologie des Menschen. S. 258. 1865. Helmholtz selbst hat eine Beschreibung seiner Pumpe nicht gegeben.

mälig und verdrängt so die Luft aus A und B. Gelangt das Quecksilber aus B zum Ausfluss, so schliesst man die Klemme F, senkt D und stellt so ein Vacuum in A her, in dem zunächst sich die im Quecksilber enthaltene Luft ansammelt. Man hebt D wieder, öffnet F und lässt die angesammelte Luft sowie Quecksilber abermals durch B austreten. Man senkt nun abermals D so weit, dass das Niveau des Quecksilbers in A unterhalb der seitlichen Oeffnung von A steht und öffnet den Verschluss von E. Die Gase des Blutes breiten sich nun in dem Vacuum A aus; man schliesst die Klemme bei E, hebt D, öffnet die Klemme F und treibt so die Gase aus A durch die Röhre B in die Eudiometerröhre. Man schliesst die Klemme F, stellt in A abermals ein Vacuum her, öffnet wieder die Klemme bei E etc.; so fährt man fort bis kein Gas mehr erhalten wird. Dieser Apparat eignet sich vorzüglich zur Demonstration der Anwesenheit von Gasen im Blute.

Wenn man mittelst dieser Pumpe quantitative Bestimmungen der Gase in einer bestimmten Blutmenge anstellen will, so muss man natürlich das Volumen des angewandten Blutes kennen. Zu dem Ende fängt man entweder das Blut in einem Bunsen'schen Gasometer auf, defibrinirt es und führt ein bestimmtes Volumen in den Blutrecipienten E unter Quecksilber über oder man fängt das Blut direct in dem mit Quecksilber gefüllten Recipienten, dessen Gewicht im leeren und mit Quecksilber gefüllten Zustande man kennen muss, auf, wägt und berechnet aus der erhaltenen Zahl und dem specifischen Gewicht des Blutes und des Quecksilbers das Volumen des aufgefangenen Blutes.

Bezeichnet man mit A das Gewicht des mit Quecksilber gefüllten Recipienten, mit B das Gewicht des im Recipienten gebliebenen Quecksilbers + dem aufgefangenen Blute, mit s das specifische Gewicht des Quecksilbers = 13·55, mit s' das des Blutes = 1·060, so ist die aufgefangene Blutmenge in Cubikcentimetern:

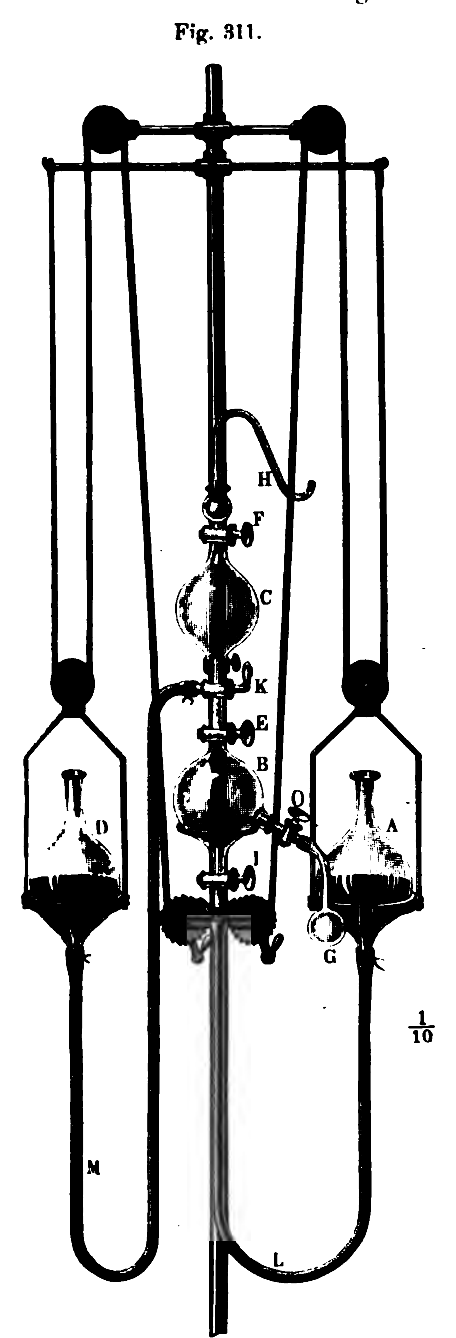
$$\times = \frac{A - B}{s - s'}.$$

Ein Beispiel möge die Bestimmung der Blutmenge aus obiger Formel veranschaulichen.

Gewicht des mit Quecksilber gefüllten Recipienten	=	1671·2 g
„ „ leeren Recipienten	=	85·5 „
„ „ in dem Recipienten enthaltenen Quecksilbers		1585·7 g
„ „ mit Quecksilber + Blut gefüllten Recipienten		721·4 „
„ „ leeren Recipienten		85·5 „
„ „ des Quecksilbers + Blut		635·9 g

$$\times = \frac{1585·7 - 635·9}{13·55 - 1·060}$$
$$= 76·3$$

Fig. 311.



Die Menge des in diesem Falle angewandten Blutes würde 76·3 cbcm betragen. Obige Formel rührt von Hering[1]) her, der mit dieser Pumpe quantitative Untersuchungen über den Gasgehalt des Blutes unter verschiedenen physiologischen Bedingungen anstellte.

ee. Die Gaspumpe von Alexander Schmidt[2])

besteht gewissermaassen aus zwei Helmholtz'schen Gaspumpen; die eine wird gebildet durch die Glaskugel *B*, Fig. 311, $^1/_{10}$ nat. Gr., den Kautschukschlauch *L* und die Füllungskugel *A*, die andere durch die Glaskugel *C*, den Kautschukschlauch *M* und die Füllungskugel *D*. Beide Theile können mit einander durch die Hähne *E* und *K* verbunden oder durch den Hahn *E* von einander abgeschlossen werden; in beiden Theilen kann unabhängig von einander durch Senken der Glasgefässe *D*

---

1) Hering. Einige Untersuchungen über die Zusammensetzung der Blutgase während der Apnö. S. 12. 1867.

2) A. Schmidt. Ueber die Kohlensäure in den Blutkörperchen. Berichte über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissenschaft. zu Leipz. Math.-phys. Classe. Bd. 19, S. 33. 1867.

und *A*, was durch Rollen mittelst eines mit Zahnrad und Sperrhaken versehenen Gewindes geschieht, ein Vacuum erzeugt werden. An der Glaskugel *B* ist seitlich eine mit Schliff versehene Glasröhre angebracht, in welche der Blutrecipient *G* genau passt; oberhalb der Kugel *C* befindet sich eine trichterförmige Erweiterung, in welche die gebogene Glasröhre *H* eingeschliffen ist.

Sobald das Blut, das entgast werden soll, sich in dem Recipienten *G*, der aus einer Glaskugel und einer gebogenen mit Hahn versehenen Röhre besteht, befindet, und der Recipient an der seitlichen Ansatzröhre der Kugel *B* angebracht ist, dreht man das mit Quecksilber gefüllte Gefäss *A*, nach Oeffnen der Glashähne *I*, *E*, *K* und *F* in die Höhe bis das Quecksilber bei *K* erscheint; alsdann schliesst man *I* und *E*, füllt die Kugel *C* durch Heben des mit Quecksilber gefüllten Gefässes *D* mit Quecksilber und schliesst den Hahn *F*, sobald das Quecksilber durch die Röhre *H* austritt. *H* mündet in eine Quecksilberwanne, in der sich ein mit Quecksilber gefülltes Eudiometer befindet. Hierauf senkt man *D*, es entsteht ein Vacuum in *C*, man senkt *A*, und es entsteht ein Vacuum in *B*. Das Vacuum ist nur dann vollständig, wenn das Quecksilber vollständig luftfrei ist.

Um das Quecksilber von Luft zu befreien, erzeugt man mehrmals in den Kugeln *B* und *C* ein Vacuum, in dem die in dem Quecksilber befindliche Luft sich ansammelt und dann nach aussen befördert wird.

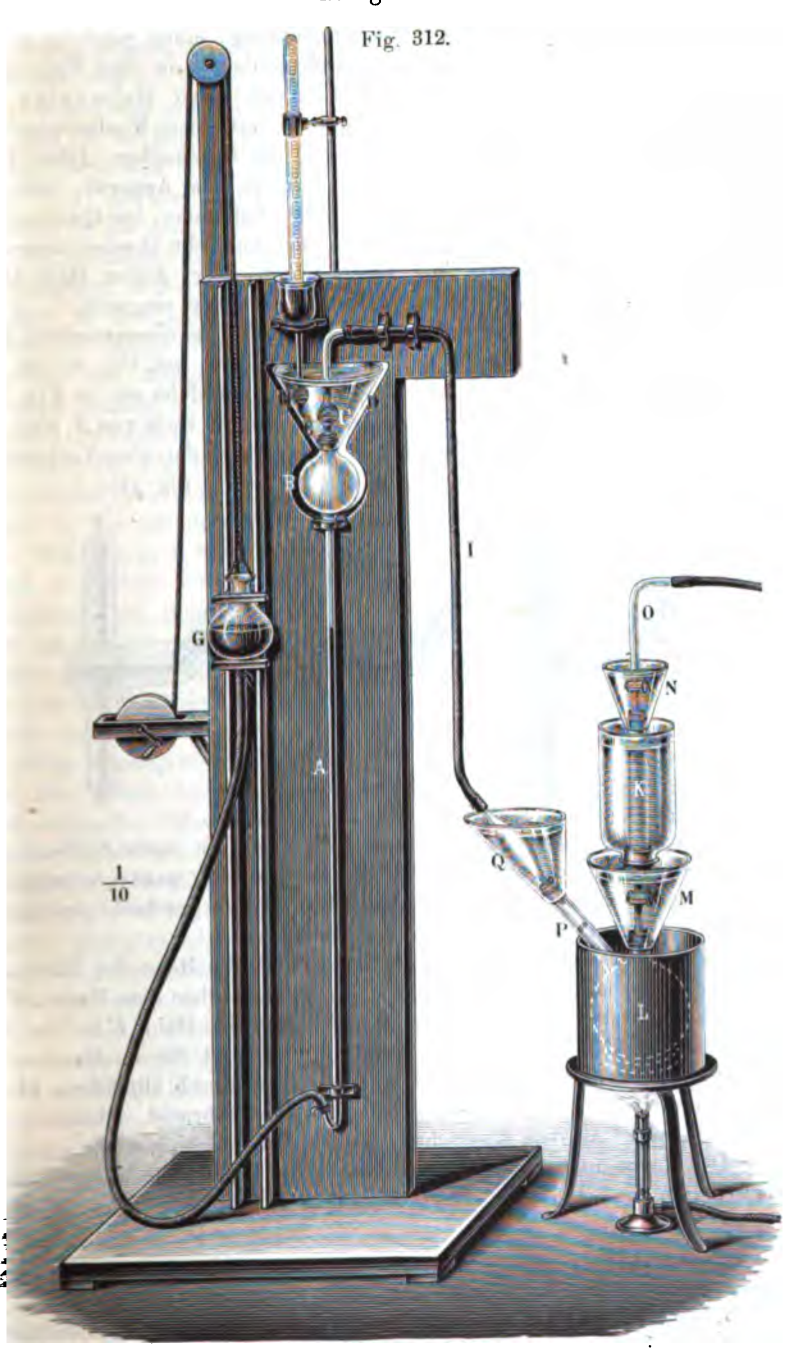
Ist in *B* und *C* ein vollständiges Vacuum vorhanden, so taucht man den Recipienten in warmes Wasser und öffnet seinen Hahn. Das Blut schäumt auf und die Gase entweichen in das Vacuum. Um sie in das Eudiometer überzuführen, schliesst man den Hahn *E*, hebt das Gefäss *D* und öffnet den Hahn *F*. Hierauf stellt man wieder ein Vacuum in *C* her, öffnet den Hahn *E* etc.; so fährt man so lange fort bis keine Gase mehr aus dem Blute erhalten werden. Schliesslich hebt man vorsichtig das Gefäss *A* so hoch, dass das Niveau des Quecksilbers in *B* gerade bis zur Höhe der Ansatzröhre für den Blutrecipienten reicht, bringt so das nach *B* mitgerissene Blut zum Abfliessen in den Recipienten *G*, schliesst den Hahn *O*, füllt *B* weiter mit Quecksilber, schliesst den Hahn *E* und treibt die letzten Gasreste aus *C* in das Eudiometer.

ff. Die Gaspumpe von **Mathieu** und **Urbain**[1])

besteht aus einer etwa 800 mm langen Glasröhre, Fig. 312, $^1/_{10}$ nat. Gr., an deren oberem Ende eine bauchige Erweiterung *B*, ein Glashahn *C* und ein Trichter *D* angebracht sind. An dem Glashahn *C* ist seitlich eine Glasröhre *E* angeschmolzen. Der Hahn *C* ist dreifach durchbohrt und behufs luftdichten Verschlusses mit einem Trichter, der mi

[1]) Mathieu et Urbain. Des gaz du sang. Arch. de physiologie normale et patholog. T. IV, p. 8. 1871 — 1872.

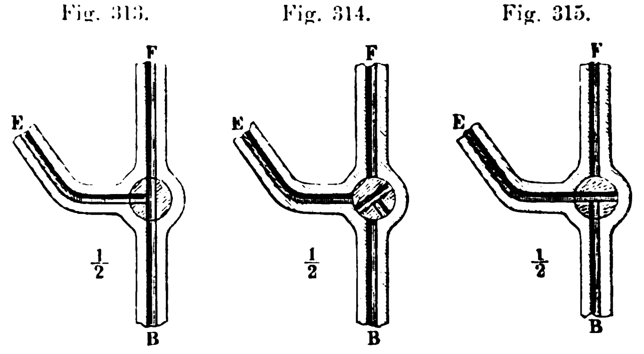
Fig. 312.



Wasser gefüllt ist, umgeben. Die Einrichtung, einen luftdichten Verschluss eines Hahns bei Gaspumpen durch Einbetten in eine Flüssigkeit zu erzielen, rührt gleichzeitig von Gréhant und Helmholtz her. Gréhant [1]) umgab die Hähne der Gaspumpe mit einem Kautschukbeutel, der mit Wasser gefüllt war, Helmholtz [2]) mit Quecksilber. Diese Flüssigkeiten hindern das Eindringen der Luft in den Apparat, falls der Hahn undicht ist. Eine Vorrichtung zur Aufnahme des Quecksilbers stellt man sich dadurch her, dass man den luftdicht abzuschliessenden Hahn mit einem Holzgefäss oder einem Glastrichter, dessen Hals abgesprengt ist, umgiebt und in denselben Quecksilber eingiesst.

Steht der Hahn *C* wie in Fig. 313, $^1/_2$ nat. Gr., so communiciren *B*, *F* und *E*, hat der Hahn die Stellung von Fig. 314, $^1/_2$ nat. Gr., so ist jede Verbindung von *B*, *F* und *E* aufgehoben, steht der Hahn wie in Fig. 315, $^1/_2$ nat. Gr., so communicirt *B* mit *E*. An dem unteren Ende von *A*, Fig. 312, $^1/_{10}$ nat. Gr., ist ein Kautschukschlauch befestigt, der eine Verbindung

Fig. 313. Fig. 314. Fig. 315.



mit der Kugel *G* herstellt. Die Kugel *G* gleitet in einer Schiene, die sich an einem vertical stehenden Brette, an dem der ganze Apparat befestigt ist, befindet. Die Auf- und Abwärtsbewegung geschieht durch eine Rolle, die seitlich an dem Brette angebracht ist.

Beim Gebrauch bringt man zunächst *G* in die Höhe des Glashahns *C* und füllt so lange Quecksilber ein, bis dasselbe über dem Hahn *H* angelangt ist; alsdann schliesst man *H* und bringt den Hahn *C* in die Stellung der Fig. 314, $^1/_2$ nat. Gr., senkt *G* und lässt die im Quecksilber enthaltene Luft aufsteigen. Nachdem man diese durch allmäliges Heben von *G* und Oeffnen von *C* und *H* zum Ausfluss gebracht, schliesst man *C* und befestigt an dem Kautschukschlauch *I* den Recipienten.

Der Recipient besteht aus dem Glasballon *L* und dem Messgefässe *K*. Zwischen *K* und *L* ist ein Hahn *M* eingeschaltet. Der Hahn *M* sowie

---

[1]) Gréhant. Recherches physiologiques sur l'excrétion de l'urée par les reins. Robin. Journ. de l'anatom. et de la physiolog. T. 7, p. 321. 1870—1871.

[2]) Tageblatt der 43. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Innsbruck 1869. S. 202. 1869.

der Hahn N sind, damit sie luftdicht schliessen, mit einem Trichter, in dem sich warmes Wasser befindet, umgeben.

Wenn man mit der Pumpe arbeiten will, so ist es zunächst nothwendig, sie luftleer zu machen. Zu dem Ende schliesst man den Hahn N und hebt oder senkt das Gefäss G so lange bis B, I, Q, L und K luftleer sind; um die letzten Antheile Luft herauszubringen ist es zweckmässig, in den Ballon L vor dem Beginne des Auspumpens etwas Wasser einzubringen; die Wasserdämpfe vertreiben die Luft vollständig. Ist der Apparat luftleer, so dreht man den Hahn M um 90°, befestigt eine Kanüle in dem Blutgefäss des Thieres, schaltet eine Verbindung zwischen der Röhre O und der Kanüle ein und füllt diese mit gasfreiem Wasser. Die Menge des Wassers, welche das Verbindungsstück aufzunehmen vermag, muss gemessen werden. Ist die Verbindung mit K hergestellt, so entfernt man die Klemme an der Kanüle, öffnet den Hahn N, und lässt das Blut in K einströmen. Ist K mit Wasser und Blut gefüllt, so schliesst man den Hahn N und öffnet den Hahn M. Das Blut fällt sofort in den luftleeren Ballon L und schäumt stark auf.

Der Ballon L befindet sich in einem Wasserbade, das eine Temperatur von 65° C. besitzt. Um das in Dampfform entweichende Wasser zurückzuhalten, dient die gläserne Vorlage Q, welche zwischen Recipient und Quecksilberpumpe eingeschaltet ist. Diese Vorlage ist mit einem Glastrichter umgeben, welcher kaltes Wasser enthält; dadurch werden die Dämpfe rasch condensirt. Damit nicht Blut in die Quecksilberpumpe durch die Dämpfe gerissen wird, sind in dem Hals der Vorlage zwei engmaschige Drahtgitter P angebracht.

Die Menge des zur Entgasung gelangenden Blutes ergiebt sich aus dem bekannten Inhalte des Gefässes K und des mit gasfreiem Wasser gefüllten Verbindungsstückes. Mathieu und Urbain verdünnten deshalb das Blut vor der Entgasung mit Wasser, weil sie beobachteten, dass die Entgasung des Blutes viel regelmässiger verläuft, wenn dasselbe mit Wasser gemischt ist.

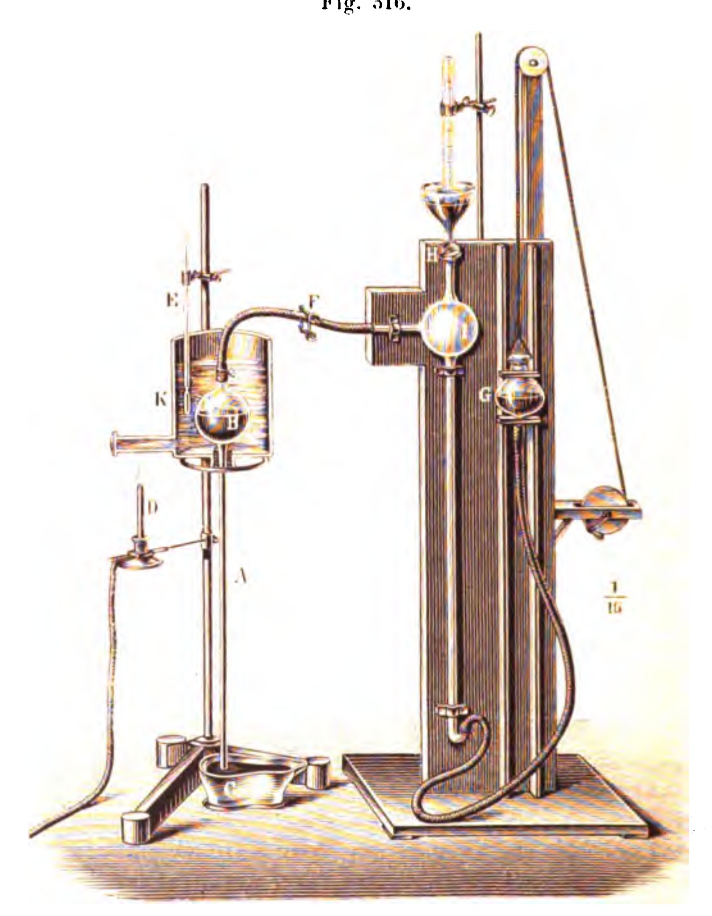
Die Anwendung des Wassers macht nach Mathieu und Urbain eine Correctur der erhaltenen Werthe für Stickstoff und Kohlensäure nöthig, da das Wasser, wenn es nur kurze Zeit gekocht wird, in 100 Theilen etwa 0·75 bis 1·25 Thle. Stickstoff zurückhält und beim Erkalten etwa 1 Thl. Kohlensäure rasch aufnimmt. Sauerstoff dagegen wird durch Kochen vollständig ausgetrieben und viel langsamer wieder aufgenommen; derselbe lässt sich in ausgekochtem Wasser auch beim Verweilen an der Luft erst nach 10 Minuten nachweisen. Eine Correctur des Sauerstoffs ist deshalb nicht vorzunehmen.

Man hat daher bei Analysen, die mittelst obiger Pumpe ausgeführt werden, entsprechend der in dem Verbindungsstücke enthaltenen Wassermenge für 100 Thle. des zur Verdünnung benutzten Wassers etwa 1 Thl. Stickstoff und 1 Thl. Kohlensäure von den erhaltenen Werthen in Abzug zu bringen.

gg. Die Gaspumpe von Estor und Saint-Pierre[1],

Fig. 316, 1/16 nat. Gr., besteht aus einer starken Glasröhre *A* von 1 cm Durchmesser und etwa 80 cm Länge, die sich an ihrem oberen Ende zu

Fig. 316.



einer Kugel *B* von etwa 40 cbcm Inhalt erweitert. Das untere Ende von *A* steht in einer Quecksilberwanne *C*, das obere Ende steht durch einen Kautschukschlauch mit der Quecksilberpumpe in Verbindung. *B* befindet sich in einem Wassergefäss, das durch die Lampe *D* geheizt wird. Die Temperatur wird durch das Thermometer *E* gemessen.

[1]) Estor und Saint-Pierre. Analyse des gaz du sang. Robin. Journ. de l'anatom. et de la physiolog. T. 8, p. 194. 1872.

Wenn man mit dieser Pumpe eine Gasanalyse ausführen will, so bringt man zunächst in *G* Quecksilber, schliesst *F* und füllt den Apparat mit Quecksilber an. Hierauf dreht man den Hahn *H* um 90° und senkt das Gefäss *G*; in *I* entsteht ein luftleerer Raum. Man öffnet die Klemme *F*, das Quecksilber steigt in *A* in die Höhe; man schliesst *F*, und fährt mit dem abwechselnden Füllen und Entleeren der Kugel *I*, Schliessen und Oeffnen der Klemme *F* und des Hahns *H* so lange fort, bis in *B* und *I* ein Vacuum erzeugt ist. Man erkennt dies daran, dass das Quecksilber in *A* Barometerhöhe hat.

Man erwärmt das Wasser in *K*, entzieht mittelst der Spritze, die wir S. 407 beschrieben haben, dem Thiere Blut und lässt eine abgemessene Menge in der Röhre *A* aufsteigen. Das nach *B* gelangende Blut schäumt sofort auf und giebt die Gase in der erwärmten Temperatur rasch an das Vacuum ab.

Bei der Entgasung des Blutes mittelst dieser Pumpe geht eine ganz geringe Menge Blut verloren, das beim Aufsteigen in *A* an den Wänden haften bleibt.

hh. Das Auffangen und Abmessen des Blutes unter Quecksilber.

Das Auffangen und Abmessen des Blutes, dessen Gase bestimmt werden sollen, geschieht entweder in dem Recipienten der Gaspumpe selbst oder man benutzt, wie Magnus[1]), mit Quecksilber gefüllte in Quecksilber stehende Flaschen, in die das Blut aus der Ader des Thiers geleitet wird, oder nach dem Vorgange von Nawrocki[2]) einen mit Quecksilber gefüllten Bunsen'schen Gasometer, oder, wie Schmidt, cylindrische Glasröhren, die sich an beiden Enden verjüngen und durch Kautschukschläuche mit Klemmen oder Glashähnen abgeschlossen werden können. Diese Gefässe dürfen mit Blut nicht vollständig angefüllt werden, da in ihnen dasselbe mit Hülfe von rückständigem Quecksilber zu defibriniren ist. Um eine bestimmte Menge des defibrinirten Blutes aus diesen Glasgefässen in den Blutrecipienten der Gaspumpen überzuführen, bedient man sich der von Nawrocki oder Worm Müller angegebenen Messvorrichtungen.

Das Verfahren von Magnus und Nawrocki haben wir oben schon beschrieben. Das von Schmidt[3]) herrührende Verfahren, das zur Entgasung bestimmte Blut in ausgezogenen cylindrischen Glasröhren aufzufan-

---

1) Magnus. Ueber die im Blute enthaltenen Gase, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure. Poggendorff's Annal. Bd. 40, S. 597. 1837.

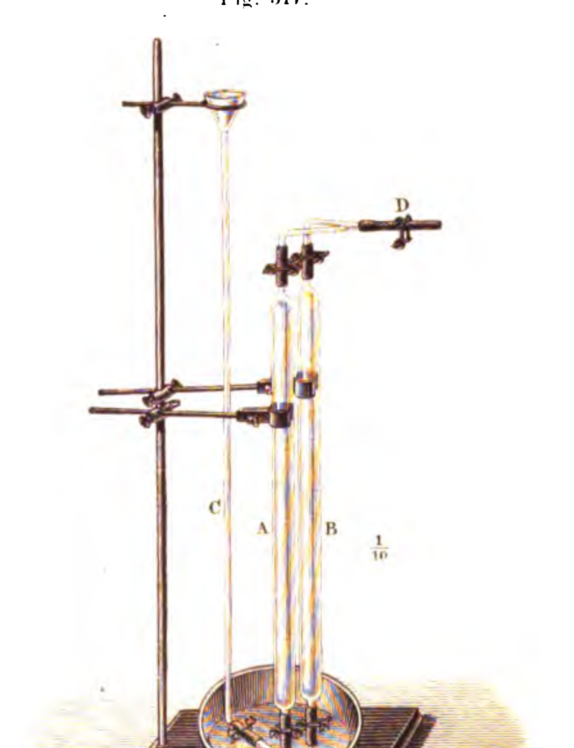
2) Nawrocki. Ueber die Methoden den Sauerstoff im Blute zu bestimmen. Heidenhain. Studien des physiolog. Instituts zu Breslau. Heft II, S. 146. 1863.

3) Schmidt. Ueber die Kohlensäure in den Blutkörperchen. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math.-phys. Classe. Bd. 19, S. 31. 1867.

gen, leistet namentlich dann vorzügliche Dienste, wenn unter gleichen Umständen Blut aufzufangen ist, indem dann nur zwei oder mehrere mit Quecksilber gefüllte Glascylinder in Quecksilber aufzustellen sind, in die durch ein gabeliges Rohr Blut aus der Ader des Thiers zu gleicher Zeit einzuleiten ist. Wir beschreiben anbei den Vorgang, wenn zwei Glascylinder zu gleicher Zeit zu füllen sind.

Man befestigt an einem eisernen Stativ, Fig. 317, $^1/_{10}$ nat. Gr., zwei gleich lange Glasröhren *A* und *B*, die an ihren Enden sich verjüngen,

Fig. 317.



und verbindet ihre unteren und oberen Enden durch Kautschukschläuche mit einem gabeligen Glasrohr. Hierauf steckt man in das untere gabelige Rohr eine lange Trichterröhre *C* und füllt *A* und *B* mit Quecksilber. Fliesst dasselbe aus dem oberen Gabelrohr aus, so klemmt man

die Kautschukschläuche D und E ab, entfernt die Trichterröhre und stellt unter die Glascylinder eine mit Quecksilber gefüllte Schale. Man öffnet E unter Quecksilber, verbindet den Kautschukschlauch D mit dem Blutgefäss eines Thiers ohne Luftzutritt durch eine Glasröhre, entfernt die Klemme auf D und lässt das Blut einströmen. Das Blut vertheilt sich überaus gleichmässig in den beiden Cylindern A und B. So wie die nöthige Menge eingeströmt ist, klemmt man die Gabelröhren zu, zuerst die untere, dann die obere, legt an den verjüngten Enden der Röhren A und B Klemmen an und nimmt den Apparat auseinander. Will man in beiden Röhren die Gase bestimmen, so schüttelt man beide Röhren, sollen aber z. B. die Gase des Serums mit denen des Gesammtblutes verglichen werden, so schüttelt man nur einen Cylinder und stellt den anderen, der in diesem Falle zweckmässig grösser ist, in aufrechter Stellung in Eiswasser. Das Serum scheidet sich meist in 24 Stunden ab.

Afonassiew[1]) änderte die Schmidt'schen Röhren in der Weise ab, dass er statt der Kautschukschläuche mit Klemmen zu oberem und unterem Verschlusse Glashähne anbrachte.

Ist die Aufgabe gegeben, Blut aus dem rechten Herzen aufzufangen, so verschafft man sich dasselbe entweder in der Weise, wie wir S. 407 angaben, oder man wendet das Verfahren von Schöffer[2]) an, d. h. man führt einen geraden Katheter durch die Ven. jugul. extern. in das Herz, befestigt an dessen freiem Ende einen Kautschukschlauch und hieran eine Spritze. Ist die Luft aus dem Katheter und dem Kautschukschlauch durch Anziehen der Spritze vollständig entfernt, so legt man eine Klemme an dem Kautschukschlauch an, bringt ihn in eine Quecksilberwanne und entfernt durch Druck die über der Klemme sitzende Luft. In die Quecksilberwanne mündet das mit Quecksilber gefüllte Glasgefäss, in dem das Blut aufgefangen und defibrinirt werden soll. Dasselbe ist entweder eine calibrirte Flasche oder ein calibrirter Glascylinder, Fig. 318, $^1/_{10}$ nat. Gr., s. f. S., der mit einem doppelt durchbohrten Korke versehen ist. In der einen Durchbohrung steckt eine rechtwinklig gebogene Röhre A, an welche der mit dem Katheter in Verbindung stehende Kautschukschlauch angefügt wird, in der anderen ein mit Quecksilber gefülltes nach unten gehendes, mit einer Klemme C versehenes Glasrohr B, welches in eine Quecksilberschale taucht. Oeffnet man die Klemme C und ebenso die, welche an dem Schlauche liegt, der mit dem Katheter in Verbindung steht, so entsteht ein starker Zug und das Blut steigt in das Gefäss.

---

[1]) Afonassiew. Welcher Bestandtheil des Erstickungsblutes vermag den diffundirbaren Sauerstoff zu binden. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math.-phys. Classe. Bd. 24, S. 254. 1872.

[2]) Schöffer. Ueber die Kohlensäure des Blutes und ihre Ausscheidung mittelst der Lunge. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 41, S. 602. 1860.

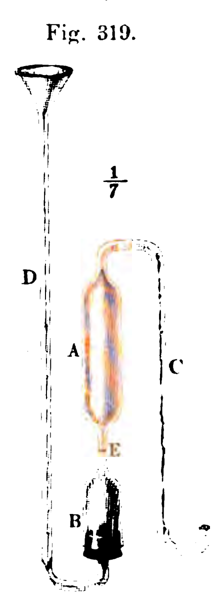
Dieses Verfahren ist in der Ausführung darum schwierig, weil das Venenblut leicht gerinnt und sich in dem Kautschukschlauche, der mit dem Katheter in Verbindung steht, leicht eine Luftblase verbirgt. Um dieselbe besser zu erkennen, ist es gut, wenn man zwischen Katheter und dem Kautschukschlauch der Röhre *A* eine Glasröhre einschaltet. Die Luftblase kann dann vor dem Eintritt in den Recipienten erkannt werden. Es ist daher rathsam, bei derartigen Versuchen stets einen zweiten ebenso gefüllten Apparat vorsorglich bereit zu halten.

Um einen bestimmten Theil des in dem Bunsen'schen Gasometer oder einem sonstigen Gefässe unter Quecksilber aufgefangenen und defibrinirten Blutes abzumessen bediente sich Nawrocki [1]) einer Art

Fig. 318.



Fig. 319.



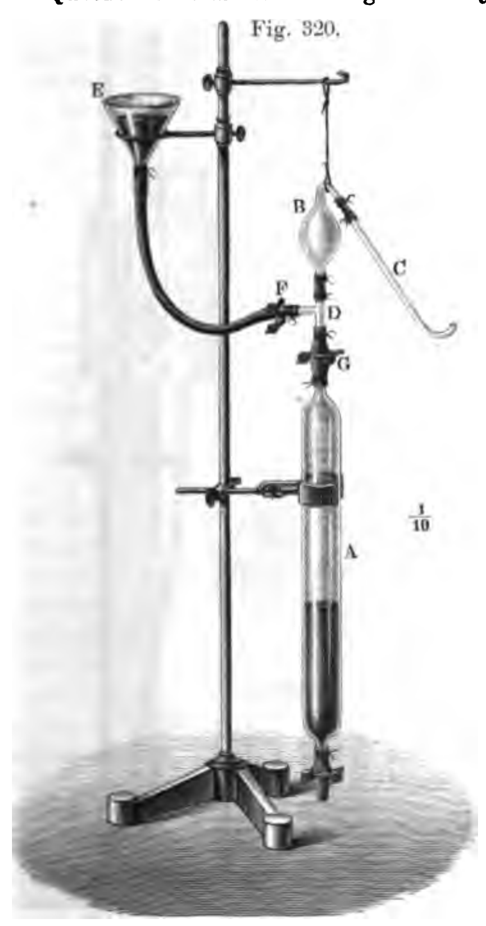
Glaspipette, die an einer verjüngten Stelle eine Marke trug. Diese Pipette, Fig. 319, 1/7 nat. Gr., besteht aus den beiden cylindrischen Gefässen *A* und *B*, welche durch ein enges Capillarrohr mit einander verbunden sind; an *A* ist die rechtwinklig gebogene Röhre *C* angeschmolzen. Man füllt die Röhren *A* und *B* durch Eingiessen von Quecksilber in die

---

1) Nawrocki. Ueber die Methoden den Sauerstoff im Blute zu bestimmen. Heidenhain. Studien des physiol. Instituts zu Breslau. Heft II. S. 147. 1863.

Röhre *D*. Ist *B*, *A* und *C* vollständig mit Quecksilber gefüllt, so entfernt man unter Quecksilber die Trichterröhre *D* sammt dem zugehörigen Pfropfen und lässt Blut so lange aufsteigen, bis nicht nur *A*, sondern auch *B* theilweise angefüllt ist. Man setzt das Rohr *D* wieder an und giesst so lange Quecksilber ein, bis das Blut bis an die Marke *E* vollständig verdrängt ist. Um den Rauminhalt von *A* und *C* von der Marke *E* ab zu bestimmen, füllt man Wasser ein und treibt dasselbe in ein in einer Quecksilberwanne stehendes ganz mit Quecksilber gefülltes und calibrirtes Absorptionsrohr über. Durch Ablesen des Quecksilberstandes nach dieser Ueberführung erhält man das Volumen des Wassers unmittelbar durch dieselbe Volumeneinheit ausgedrückt, durch welche die Gase gemessen werden.

Fig. 320.

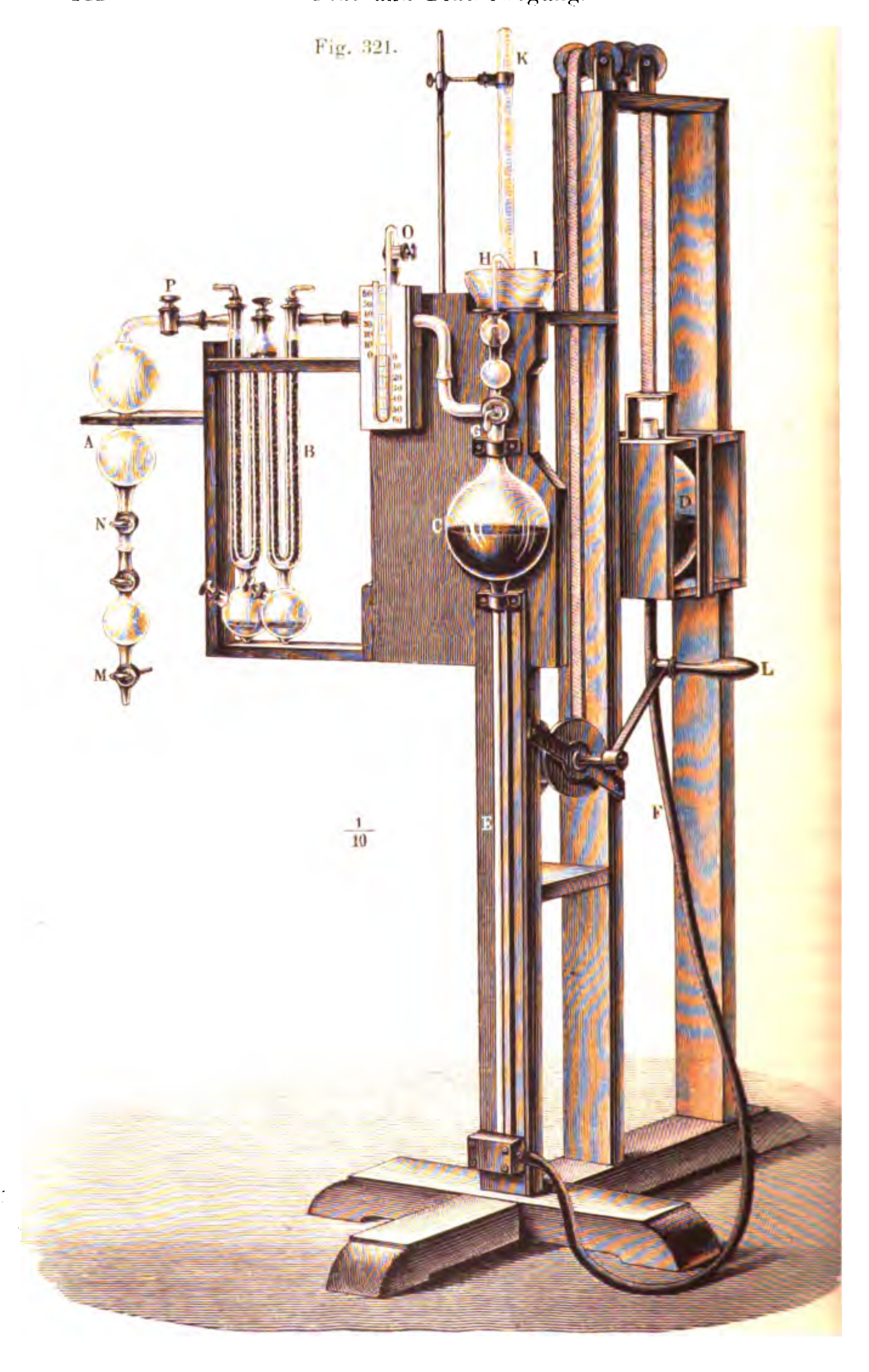


Um eine bestimmte Menge in einer Schmidt'schen Sammelröhre aufgefangenen Blutes unter Quecksilber abzumessen, empfiehlt sich die von Worm Müller [1]) angegebene Vorrichtung. Dieselbe besteht darin, dass man auf der Sammelröhre *A*, Fig. 320, $^1/_{10}$ nat. Gr., in welcher das Blut aus der Ader aufgefangen und defibrinirt wurde, ein calibrirtes Gefäss *B*, welches mit einem calibrirten Glasröhrchen *C* in Verbindung steht, befestigt. Zwischen *A* und *B* ist die ⊤-förmige Röhre *D* eingeschaltet, deren horizontaler Schenkel durch einen Kautschukschlauch in den Trichter *E* übergeht. Um mittelst dieser Vorrichtung eine bestimmte Menge Blutes abzumessen, füllt man, während die Klemme *G*

---

[1]) Worm Müller. Ueber die Spannung des Sauerstoffs der Blutscheiben. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math.-phys. Classe. Bd. 22, S. 355. 1870.

Fig. 321.



oberhalb der Röhre *A* geschlossen ist, die ┬-förmige Röhre *D*, die Kugel *B* und das Röhrchen *C* durch Eingiessen von Quecksilber in den Trichter *E* mit Quecksilber. Hierauf schliesst man die Klemme *F* und öffnet vorsichtig die Klemme *G*.. Das Quecksilber aus *B* fällt nun in die Röhre *A* und statt dessen dringt Blut in die Kugel *B*. Man lässt das Blut so lange nach *B* überwandern bis dasselbe bei einer Marke am unteren Ende von *B* angekommen ist, schliesst *G* und öffnet *F*. Das im Trichter vorhandene Quecksilber drängt den Inhalt der Kugel durch das Röhrchen *C* in das Gefäss, welches über seiner freien Mündung angebracht ist. Da sich hierbei der blutige Inhalt des Röhrchens *C* nicht entleert, so muss man, um die übergeführte Blutmenge zu kennen, den Inhalt des Rohrchens von dem der Kugel abziehen.

β. Gaspumpen mit trockenem Vacuum. Die Gaspumpen, die wir hier abzuhandeln haben, wurden von Pflüger und Busch construirt. Das Vacuum dieser Pumpen steht mit einem Trockenraum in Verbindung, durch den die aus dem Blute entweichenden Wasserdämpfe sofort absorbirt werden. Durch diese Einrichtung wird das Entgasen des Blutes wesentlich beschleunigt; dazu kommt noch, dass das Blut in dem Recipienten mit dem Moment der beginnenden Entgasung auf etwa 60° C. erwärmt werden kann, so dass es unter günstigen Umständen gelingt, circa 50 cbcm arteriellen Blutes, welches direct aus der Ader in das Vacuum spritzt, vollständig zu entgasen.

aa. Die Gaspumpe Pflügers[1])

besteht aus drei Theilen, nämlich dem Blutrecipienten *A*, Fig. 321, 1/4 nat. Gr., dem Trockenraum *B* und der Saug- und Druckpumpe *C*.

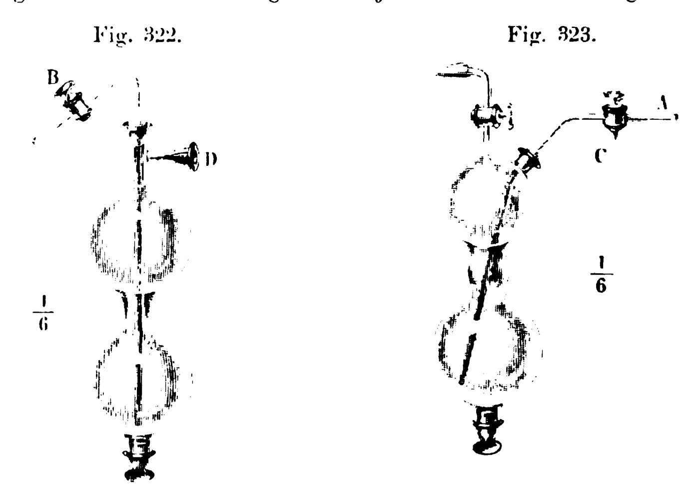
Die Gefässe, die als Blutrecipienten benutzt werden, haben verschiedene Gestalt. Die eine Art von Blutrecipienten wurde von Pflüger, die andere von Pokrowsky construirt.

Die Recipienten von Pflüger stellen grosse Glasgefässe von bisquitförmiger Gestalt dar, die aus zwei kugeligen Hohlräumen, die mit einander durch ein Mittelstück verbunden sind, bestehen. Der untere Hohlraum endet in einen kurzen 2 cm weiten Hals, in welchen ein Glasstöpsel luftdicht eingeschliffen ist; der obere Hohlraum geht in einen dünnen etwa 1 cm weiten Hals über. In diesen mündet ein eingeriebener hohler Stöpsel, der sich nach aussen und innen in ein enges Glasrohr fortsetzt. Das innere Glasrohr geht durch die Axe der Flasche bis nahe auf den Boden der unteren Kugel herab, das äussere kann durch einen Glashahn *B*, Fig. 322, 1/6 nat. Gr., s. f. S., luftdicht abgeschlossen werden. Zur Verbindung mit den übrigen Theilen des Apparates dient das sich

[1]) Pflüger. Ueber die Kohlensäure des Blutes. S. 5. 1864. Derselbe: Beschreibung meiner Gaspumpe. Dessen: Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Bonn. S. 183. 1865. Derselbe: Zur Gasometrie des Blutes. Centralblatt für die med. Wissensch. Jahrg. IV, S. 306. 1866.

im rechten Winkel abzweigende, mit gutem Schliff versehene Rohr *D*. Bei den Recipienten neuerer Construction [1]) geht der obere Hals in eine rechtwinklig gebogene mit Schliff und Hahn versehene Röhre über, Fig. 323, $^1/_6$ nat. Gr. Das Einlassrohr des Blutes befindet sich an der oberen Kugel; der äussere Theil desselben ist mit einem Glashahn versehen, der nach dem Princip des Senguerd'schen [2]) durchbohrten Hahns gebaut ist. Derselbe gestattet je nach seiner Stellung das In-

Fig. 322. Fig. 323.



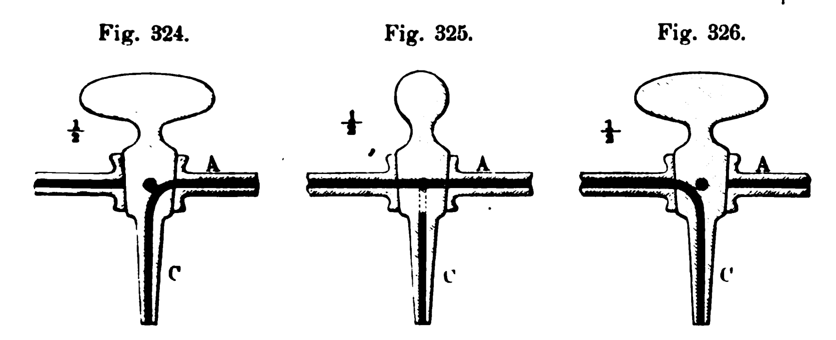
nere des Recipienten vollständig abzuschliessen oder dasselbe mit der Röhre *A* oder *C* in Verbindung zu bringen oder *A* mit *C* zu verbinden Fig. 324, $^1/_2$ nat. Gr., zeigt die Stellung des Hahns bei Abschluss des Recipienten, Fig. 325, $^1/_2$ nat. Gr., bei Verbindung des Recipienten mit der Röhre *A*, und Fig. 326, $^1/_2$ nat. Gr., bei Verbindung des Recipienten mit der Röhre *C*. Durch diesen Hahn ist also die Möglichkeit gegeben in den von den übrigen Theilen des Apparates abgesperrten Recipienten Flüssigkeiten oder Gase direct ohne jegliche Beimischung von atmosphärischer Luft einzulassen. Da die Recipienten unten einen Schliff mit einem Glasstöpsel besitzen, so kann statt dessen jedes beliebige Gefäss angefügt werden, sofern es nur mit einem Zapfen versehen ist, welcher in diesen Schliff passt.

[1]) Pflüger. Die normalen Gasmengen des arteriellen Blutes nach verbesserten Methoden. Centralbl. für die med. Wissensch. Jahrg. V, S. 723. 1867.

[2]) Dieser doppelt durchbohrte Hahn wird nach seinem Erfinder Senguerd'scher Hahn genannt. Senguerd erdachte ihn um das Jahr 1685 bei Gelegenheit der Construction seiner Luftpumpe, um nach Belieben den Recipienten der Luftpumpe mit dem Kolbencylinder oder der äusseren Luft in Verbindung zu setzen oder ihn ganz abzuschliessen. Von Sanden: Dissertatio de antliis pneumaticis. p. 23. 1739.

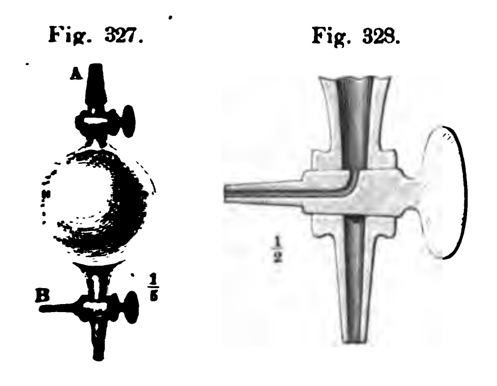
Der Vollständigkeit halber führen wir noch an, dass auch Recipienten in Gebrauch sind, bei welchen sich an der unteren Kugel statt unten seitlich ein Tubulus mit eingeriebenem Stöpsel befindet.

Fig. 324. Fig. 325. Fig. 326.



Statt dieser Recipienten benutzt Pokrowsky [1]) eine Kugel, Fig. 327, 1/5 nat. Gr., von 250 bis 300 cbcm Inhalt, die mit zwei Ansatzröhren versehen ist; die obere *A* wird durch einen Schliff mit dem Pflüger'schen Recipienten in Verbindung gebracht und kann von ihm durch einen Hahn abgesperrt werden, die untere *B*, ebenfalls mit einem Hahn versehen, dient zu Einlassung des Blutes. Der Pflüger'sche Recipient ist in diesem Fall Schaumgefäss, dem entsprechend kleiner und mit keiner Einlassungsröhre versehen. Der untere Hahn des Blutrecipienten von Pokrowsky ist konisch und verjüngt sich stark; er ist in seiner Mitte so durchbohrt, dass das dünne Rohr je nach der Drehung um 180° entweder mit dem Raum des Blutrecipienten, oder mit dem freien Ende des Halses in Communication gesetzt werden kann, wie Fig. 328, $^1/_2$ nat. Gr., im Durchschnitt versinnlicht.

Fig. 327. Fig. 328.



Der Trockenraum *B*, Fig. 321, $^1/_{10}$ nat. Gr., besteht aus einem oder zwei U-förmig gebogenen Röhren, welche an ihrer unteren Biegung eine starke kugelige Erweiterung

[1]) Pokrowsky. Ein neuer Blutrecipient zur Pflüger'schen Blutgaspumpe. Centralblatt für die med. Wissensch. Jahrg. IV, S. 241. 1866. Derselbe: Zur Frage über Ozon im Blute und über das Schicksal des Kohlenoxyds bei CO-Vergiftungen. Virchow's Arch. Bd. 36, S. 493. 1866.

von circa 100 cbcm Inhalt besitzen. Die Röhren sind seitlich mit Ansätzen versehen, welche entweder zur Verbindung mit einander oder mit den übrigen Theilen des Apparates mit Schliffen enden. Um bequem in die Röhren Flüssigkeit ein- und ausgiessen zu können, ist jedes Rohr mit einem luftdicht schliessenden eingeriebenen Glasstöpsel versehen. Diese Glasstöpsel besitzen eine solche Durchbohrung, dass sie, um 180° gedreht, einerseits den Trockenraum abschliessen, andererseits eine Verbindung nach aussen herstellen. Um das Reservoir leichter zu füllen oder zu entleeren, ist an demselben seitlich ein mit Schliff versehener Glasstöpsel angebracht.

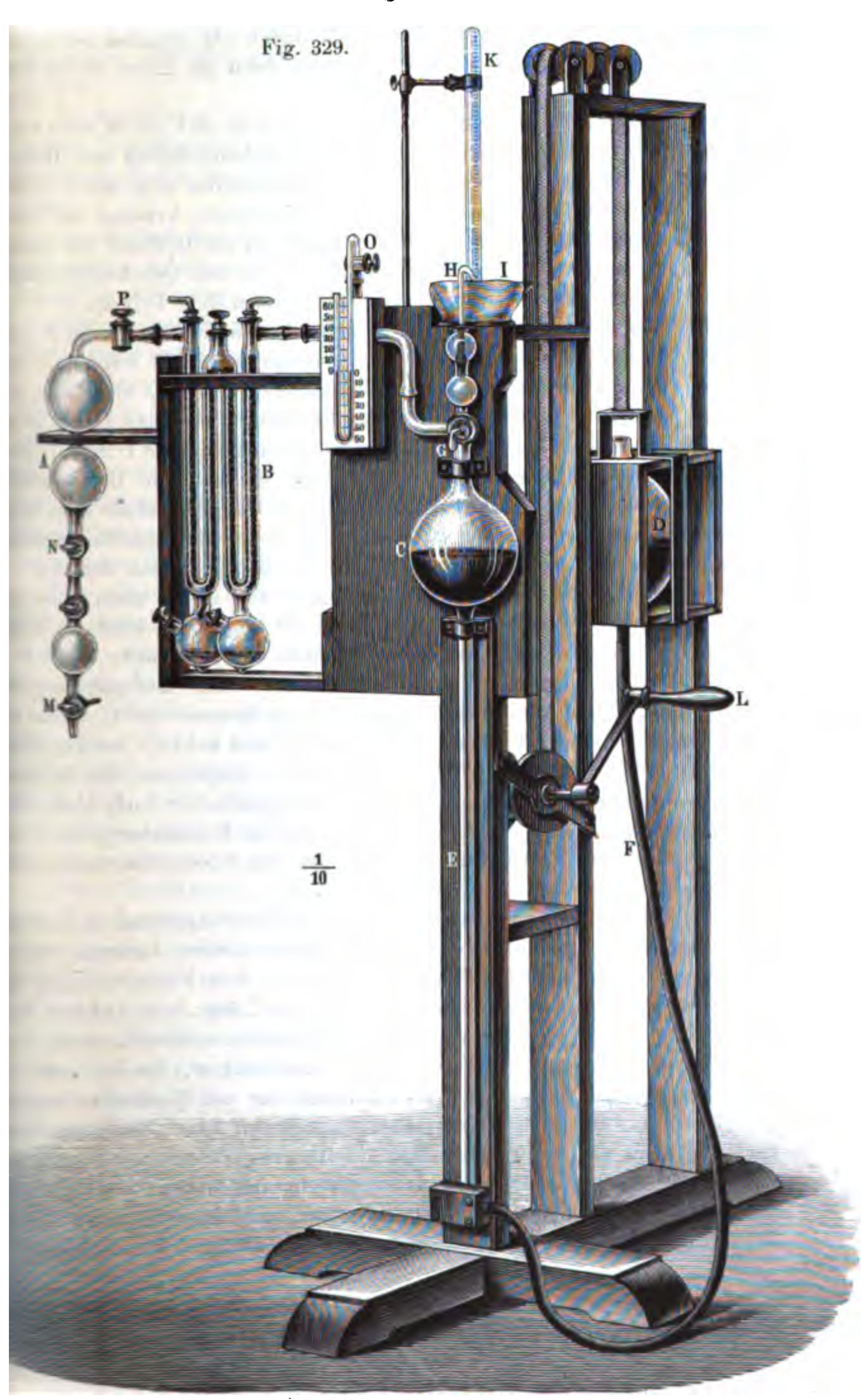
Beim Versuch wird das Reservoir zur Hälfte mit concentrirter reiner Schwefelsäure gefüllt und in die Röhren mit Schwefelsäure getränkte Bimssteinstücke gebracht. Damit die Bimssteinstücke in den vertical gestellten Röhren nicht in das Reservoir fallen, befindet sich an jedem Rohr unmittelbar da, wo es in dieses einmündet, eine stärkere Verjüngung. Jede Hälfte eines U-förmigen Rohrs ist 40 cm lang und besitzt 1 cm lichten Durchmesser. Die Schwefelsäure absorbirt so vollständig den Wasserdampf, dass häufig nur eine Gewichtszunahme in dem ersten U-förmigen Rohr zu constatiren ist.

Bei den Apparaten neuester Construction sind die beiden U-förmigen Röhren sowie die zugehörigen beiden Reservoirs fest mit einander verbunden, wie man aus der Fig. 329, $^1/_{10}$ nat. Gr., erkennt.

Der Trockenraum steht in Verbindung mit einer Barometerprobe G. Diese wie gewöhnlich beschaffene Probe ist in das Verbindungsrohr der Pumpe und der U-förmigen Röhren eingeschliffen. Es ist gut, wenn sich in dieser Verbindungsröhre noch ein Hahn befindet, durch welchen Trockenraum und Barometerprobe von der Pumpe abgeschlossen werden kann. Man kann dann sich jeder Zeit überzeugen, ob die Absorptionsräume noch trocken sind, ob also die Schwefelsäure noch absorbirt.

Das Pumpwerk besteht aus zwei ellipsoidischen gewaltigen Glasflaschen C und D, Fig. 329, $^1/_{10}$ nat. Gr., welche mit einander in bewegliche Verbindung gesetzt sind, so dass bei der Hebung und Senkung der einen beweglichen Flasche D die andere hermetisch verschliessbare und stets unbeweglich fixirte C sich bald mit Quecksilber füllt, bald entleert. Die Flasche C geht in zwei Glasröhren über; das obere Glasrohr ist eng und durch den Hahn G abschliessbar, das untere Glasrohr E ist weit und über 760 mm lang. Das untere Ende desselben ist entweder schwach aufwärts gebogen und geht durch einen starken Kautschukschlauch in eine über 1 m lange Glasröhre über, welche mittelst eines Kautschukschlauchs mit einer eben so grossen Flasche verbunden ist, oder mündet in ein eisernes Gehäuse, das mit einem Ansatzrohr versehen ist. Auf dieses Ansatzrohr wird ein langer Kautschukschlauch F befestigt und die Flasche D mit ihm verbunden. Die Hebung und Senkung der beweglichen Flasche geschieht in ersterem Fall mit der Hand, in letzterem

Fig. 329.



rem Fall nach dem Vorgange Jolly's [1]) durch ein Zahnrad mit Sperrhahn. Das bewegliche Gefäss befindet sich dann in einem viereckigen Holzrahmen.

Das obere Ende des Glasellipsoides *C* läuft in eine durch einen starken Glashahn *G* abzuschliessende mit Schliff endende Röhre aus. In diesen Schliff passt der andere eines Rohres *H*, welches sich sofort zu capillarer Weite verjüngt, hakenförmig nach abwärts krümmt und dann vertical aufsteigt. Das Ende desselben taucht in ein Gefäss *I* mit Quecksilber und mündet bei dem Versuch unter einem mit Quecksilber gefüllten Absorptionsrohr *K*. Der Glashahn *G* ist nach dem Princip des Senguerd'schen Hahns gebaut. Durch denselben kann also *C* von *H* und dem Trockenraum abgesperrt oder in Verbindung gesetzt werden.

Bevor man mit der Pumpe einen Versuch anstellt, muss man si auf ihre Dichtheit prüfen. Zu dem Ende bringt man das Gefäss *D* i gleiche Höhe mit *C*, stellt eine Communication zwischen *C* und *H* her füllt in *D* so lange Quecksilber ein bis beide Gefässe zur Hälfte gefüll sind und hebt durch Drehen an der Kurbel bei *L* das Gefäss *D* so hoch dass das Quecksilber aus der Mündung der Röhre zum Ausfluss gelang Hierauf schliesst man den unteren Hahn *M* oder *N*, öffnet den Hahn sowie die übrigen Hähne des Trockenraums und senkt nach Lösen de Sperrhakens an der Kurbel *L* das Gefäss *D* langsam. Dadurch bilde sich ein Vacuum oberhalb der Röhre *E*. Man stellt nunmehr durch Drehen des Hahns *G* eine Verbindung zwischen dem Recipienten, dem Trockenraum und *C* her, sperrt hierauf erstere Räume von *C* wieder al öffnet dagegen die Verbindung von *C* und *H* und hebt *D* wieder allmälig in die Höhe. Auf diese Weise fährt man so lange fort, bis Recipient und Trockenraum vollständig frei von atmosphärischer Luft sind. Ma erkennt dies daran, dass das Quecksilber in der Barometerprobe *O* ungefähr 1 mm Druck anzeigt. Aendert sich die Quecksilbersäule in de Barometerprobe nicht, so ist die Pumpe dicht.

Die Herstellung eines Vacuums in dem Blutrecipienten *A* und de Trockenraum *B* sowie in den Verbindungsröhren wird dadurch sehr beschleunigt, wenn man den Blutrecipienten vor dem Versuch mit Quecksilber füllt, einen Kautschukschlauch von 1 m Länge am unteren Hah anbringt und das Quecksilber aus dem Recipienten auslaufen lässt.

Um das Blut in den Recipienten einzubringen, bindet man ei eiserne Kanüle, in welche ein Thermometerrohr mit Glashahn eingekittet ist, in die Arterie oder Vene eines Thieres ein. Das Thermometerrohr verbindet man mit der Einlassröhre des Blutrecipienten durch einen kurzen Gummischlauch und pumpt bis zur Kanüle aus, welche ein verschwindend kleines Lumen besitzt; alsdann öffnet man den Hahn an der Kanüle; das Blut schiesst im stetigen Strom mit grosser Geschwindi

[1]) Jolly. Ueber eine neue Einrichtung der Quecksilberluftpumpe. Carl Repertor. für physikal. Technik. Bd. I, S. 145. 1866.

keit in den Recipienten, in dem es augenblicklich auf das Gewaltigste aufschäumt. Hat man genug Blut, so schliesst man den Hahn der Einlassröhre.

Um das Blut zu erwärmen, taucht man den Recipienten in ein mit warmem Wasser gefülltes Kesselchen. Das Kesselchen wird an einem besonderen Stativ angebracht. Ein Thermometer controlirt die Temperatur.

Das Entweichen der Gase des Blutes kann dadurch sehr beschleunigt werden, wenn man den Blutrecipienten mit gasfreiem Wasser von etwa 60° C. theilweise füllt und in dieses das Blut einströmen lässt, ferner dadurch, dass man ein Absorptionsrohr mit Kalistückchen nach dem Schwefelsäure enthaltenden Absorptionsrohr einschaltet.

Die Menge des eingeströmten Blutes wird nachträglich bestimmt. Zu dem Ende ist der Blutrecipient mit einer Marke versehen. Nach jedem Versuch giebt nun die Wassermenge, welche zur gleichen Füllung nöthig ist, vermindert um diejenige, welche in den Schwefelsäureröhren absorbirt ist, das untersuchte Blutvolumen, wenn sie von der Totalcapacität der Flasche abgezogen wird. Die von den Schwefelsäureröhren aufgenommenen Wassermengen werden durch Wägung gefunden.

Eine schärfere Feststellung des angewandten Blutvolums erhält man durch Gesammtwägung der Apparate des Recipienten und des Schwefelsäurerohrs vor und nach dem Versuch und einer specifischen Gewichtsbestimmung des Blutes.

Das Blutvolumen kann man auch in der Art bestimmen, dass man dasselbe in kleine, an einem Ende geschlossene, am anderen Ende offene mit Quecksilber gefüllte und in Quecksilber stehende Glascylinder aufsteigen lässt. Das offene Ende dieser Cylinder, die ungefähr 80 cbcm Inhalt haben, ist am Rande etwas verjüngt, so dass man dieselben, nachdem sie zu etwa $^3/_4$ mit Blut gefüllt sind, bequem schütteln und auf diese Weise defibriniren kann. Das Blut aus diesen Cylindern wird nun in ein Maassgefäss übergeführt. Dieses besteht aus einer 1 cm im Lichten messenden, graduirten und mit Quecksilber gefüllten Röhre, die in ein mit einem Geissler'schen Hahn versehenes Capillarrohr endet. Das Capillarrohr wird mit dem Einlassrohr des Recipienten durch einen Kautschukschlauch in luftdichte Verbindung gesetzt. Man evacuirt bei Beginn des Versuchs bis zu dem Hahn des Maassrohrs und schliesst alsdann den Recipienten von den übrigen Theilen der Pumpe ab, darauf öffnet man den Hahn des Maassgefässes; das Blut dringt nun natürlich bis zum Hahn des Recipienten vor. Man notirt den Stand des Quecksilbers in der Maassröhre. Darauf öffnet man den Hahn des Recipienten und lässt das Blut in denselben eintreten. Nach fast völliger Entleerung des Maasscylinders schliesst man wieder und liest abermals den Stand des Quecksilbers in der Maassröhre ab. Die Differenz zwischen beiden Ablesungen giebt das Volumen Blut, welches sich wirklich im Blutrecipienten befindet und das entgast wird.

Da das Entweichen der Gase durch höhere Temperaturen sehr gefördert wird, so senkt man den Recipienten in einen Wasserbehälter, der Wasser von 60 bis 65° C. besitzt.

Wie oben schon erwähnt, gelingt es mittelst der Methode Pflüger's[1]) unter günstigen Umständen in nicht ganz einer Minnute circa 50 cbcm arteriellen Blutes, welches direct aus der Ader in das Vacuum spritzt, vollständig zu entgasen.

Bedient man sich zum Auffangen des Blutes des Recipienten von Pokrowsky, Fig. 327, 1/5 nat. Gr., so pumpt man diesen zuerst durch Ansetzen an die Quecksilberpumpe aus, dann verschliesst man ihn und verbindet das verjüngte Ende des Hahns *B* mittelst eines Kautschukschlauchs mit der Ader des Thieres. Ist die Luft aus der Hahnbohrung durch das Blut verdrängt, so dreht man um 180° und das Blut strömt in das Vacuum des Recipienten. Nachdem die gehörige Quantität Blut gesammelt ist, wird der Hahn wieder in seine frühere Stellung gebracht, die Verbindung mit dem Blutgefäss gelöst und die Bohrung mit Wasser, Spiritus ausgespült und durch Luftzug getrocknet. Man wägt nun und bestimmt so bis auf Milligramme die Blutmenge. Setzt man nun den Blutrecipienten in den entsprechenden Schliff des Schaumgefässes, so muss zuerst die zwischen den Hähnen des Schaum- und Blutkolbens befindliche Luft ausgepumpt werden, ehe man zur Gewinnung der Blutgase schreiten kann. Das Wägen, Füllen mit Blut, Waschen, Trocknen und nochmalige Wägen des Blutrecipienten nimmt kaum 10 Minuten in Anspruch.

bb. Die Gaspumpe von Busch[2])

bildet gewissermaassen eine Modification der Pflüger'schen Pumpe, in dem statt der Glashähne, wie bei dieser, Kautschukverbindungen angebracht sind, die mit Quecksilber umspült werden. Durch diesen Kunstgriff ist es möglich, mit den Mitteln, die in jedem Laboratorium vorhanden sind, sich eine Pumpe herzustellen, mittelst deren die Gase des Blutes erhalten werden können.

Der Recipient *A*, Fig. 330, 1/10 nat. Gr., dieser Pumpe besteht aus einer Woulff'schen Flasche, auf die eine doppelt durchbohrte Holzschüssel aufgekittet ist. In dem einen Tubulus von *A* befindet sich ein Glasröhre *P* mit Hahn, in dem anderen eine Röhre *C*, die mit dem Gefässe *B* in Verbindung steht. In die Holzschüssel wird so viel Quecksilber gegossen, dass der Hahn *N* der Glasröhre *P* mit Quecksilber bedeckt ist. In *B* befindet sich concentrirte Schwefelsäure, um die Wasserdämpfe, welche beim Auspumpen der Flüssigkeiten aus *A* entweichen zurückzuhalten. *B* ist mit einem durchbohrten Kautschukpfropfen ve

[1]) Pflüger. Ueber die Ursache der Athembewegungen sowie der Dysp und Apnö. Pflüger's Arch. Jahrg. I, S. 90. 1868.

[2]) Busch. Quecksilberluftpumpe. Pflüger's Arch. Jahrg. II, S. 445. 18

schlossen. Durch die eine Durchbohrung geht die Glasröhre *C*, durch die andere das Ende des Rohrs *D*, welches mit Schwefelsäure getränkte Bimssteinstücke enthält und zu demselben Zwecke dient, wie das Schwefelsäuregefäss *B*. Auf *B* ist ebenfalls eine Holzschüssel aufgekittet. Dem Rohr *D* giebt man am besten eine gegen *B* geneigte Lage, damit das

Fig. 330.



'asser, welches sich hier ansammeln sollte, in das Schwefelsäuregefäss *B* rückfliessen kann.

Das Vacuum wird in dem Gefässe *E* erzeugt. Es ist dies ein birnrmiges Glasgefäss, das in dem Gestelle *F* ruht. *E* ist oben durch einen ppelt durchbohrten Kautschukpfropf verschlossen; durch die eine Durchhrung geht eine Glasröhre, welche oberhalb des Pfropfes mit einem ashahn *L* versehen ist und mit *D* durch einen kurzen Kautschukhlauch in Verbindung steht, durch die andere geht eine kleine gebone Glasröhre, welche mit dem Rohre *M* verbunden ist. Der Glashahn die Verbindungsschläuche der Röhren *M* und *D* liegen innerhalb eines

mit Quecksilber gefüllten und auf *E* aufgekitteten Trichters. Der untere lange Theil von *E* geht durch einen Kautschukpfropfen bis auf den Boden des Gefässes *G*, das zwei tubulirte Ansätze *H* und *I* besitzt. An *H* wird ein etwa 1 m langer Kautschukschlauch befestigt, der mit seinem anderen Ende mit der Flasche *K* in Verbindung steht.

Um die Räume *A*, *B*, *D* auszupumpen, verschliesst man zunächst den Hahn der Röhre *L*, füllt *K* mit Quecksilber und lässt dasselbe durch Heben von *K* in die Gefässe *G* und *E* steigen. Die Luft entweicht aus *G* durch die Röhre *I*, die alsbald verschlossen wird, und das Rohr *M* aus *E*. Beim Senken von *K* wird der unter Quecksilber liegende, mit *M* verbundene Kautschukschlauch ohne weiteres Zuthun des Experimentators zusammengepresst und in *E* wird nach mehrmaligem Senken der Flasche *K*, nachdem die Luft aus dem Quecksilber und dem Rohr *L* getreten ist, ein luftleerer Raum erzeugt. Man darf das Heben der Flasche *K* nicht zu rasch ausführen, weil sonst Luftblasen mit übergerissen werden. Ist auf diese Weise *E* luftleer, so öffnet man beim Senken der Flasche den Hahn der Röhre *L* und lässt langsam Luft aus *D*, *B* und *A* nach *E* übertreten. Darauf verschliesst man den Hahn der Röhre *L*, hebt die Flasche *K* wieder und treibt die in *E* enthaltene Luft durch die Röhre *M* aus.

Beim öfteren Wiederholen dieser Manipulation werden *D*, *B* und *A* allmälig luftleer. Um die letzten Reste von Luft möglichst rasch auszupumpen, lässt man durch Oeffnen des Hahns der Röhre *P* etwas Wasser in *A* treten. Die sich bildenden Wasserdämpfe treiben die letzten Spuren Luft aus *A* und *B* aus. Zum bequemen Bewegen der Hähne *L* und *N* sind die Griffe mit einem kleinen Hebelarm versehen.

Wenn man mittelst dieser Pumpe eine Blutgasanalyse ausführen will, so kann man nicht die von Busch angegebene Einrichtung, welcher zum Einlassen des Blutes einen in Millimeter eingetheilten Glastrichter, um die Menge der einzulassenden Flüssigkeit zu bestimmen, anwendet, benutzen; es ist vielmehr nothwendig, statt dieses Trichters eine Röhre zu gebrauchen, welche das unter Quecksilber aufgefangene und defibrinirte Blut unter dem Abschluss der Luft in das Gefäss *A* überzuführen gestattet. Ist z. B. das Blut in einem Bunsen'schen Gasometer oder in einer Schmidt'schen Sammelröhre aufgefangen worden, so schaltet man zwischen der Röhre *P* und dem oberen Ende genannter Apparate eine ⊥-förmige Röhre ein und füllt dieselbe vollständig mit Quecksilber, indem man die Luft durch den senkrechten Ast austreten lässt, und schliesst durch eine Klemme ab. Sind die Räume *A*, *B* und *D* vollständig luftleer, so schliesst man den Hahn *L*, füllt *E* mit Quecksilber bis dieses durch die Röhre *M* austritt und befestigt auf deren Spitze das mit Quecksilber gefüllte Eudiometer *O*. Indem man nun den Hahn *N* öffnet und die Verbindung zwischen *P* und dem Apparate, welcher das defibrinirte Blut enthält, herstellt, muss man sofort Quecksilber in die Apparate nachgiessen, da die Pumpe stark saugt. Ist genug Blut nach *A* übergetreten so schliesst man den Hahn *N* ab.

Um die Gase in die Eudiometerröhre *O* überzuführen, schliesst man *L* und hebt die Flasche *K*; man öffnet dann wieder den Hahn *L*, senkt *K* etc.; dies wiederholt man so lange bis keine Gase mehr aus dem Blute entweichen.

Gasanalysen, die mit dieser Pumpe gemacht wurden, liegen nicht vor.

e. **Die Hülfsvorrichtungen.** Die Verbindungen der einzelnen Theile der verschiedenen Gaspumpen mit einander geschieht durch Kautschukschläuche, Glas- oder Stahlhähne, die Abschliessung derselben durch Glas- oder Stahlhähne oder Klemmen. Da es absolut nothwendig ist, dass diese Verbindungsstücke luftdicht schliessen, so mögen im Anschluss an die Beschreibung der Gaspumpen einige Angaben über deren Dichtung und Construction Platz finden.

α. Die Kautschukschläuche, deren man sich bei gasometrischen Untersuchungen bedient, sind entweder sogenannte vulcanisirte oder schwarze. Die vulcanisirten müssen vor dem Gebrauch gedichtet werden. Dies geschieht nach Meyer [1]) durch Auskochen mit Sodalösung, wodurch der anhaftende Schwefel entfernt wird, und darauf folgendes Imprägniren mit heissem Fett, wodurch sie vollständige Dichtheit bei grosser Geschmeidigkeit erlangen. Setschenow [2]) hielt z. B. die Kautschukschläuche 7 Stunden in geschmolzenem Talge bei 100° und wusch sie dann sorgfältig mit warmem Wasser aus. Da es aber nicht immer gelingt, die Kautschukschläuche frei von Schwefel zu erhalten, was aus der Angabe Preyer's [3]) hervorgeht, dass entgastes Blut deutlich nach reinem Schwefelwasserstoff rieche und Quecksilber schwärze, so wendet man nach Pflüger [4]) besser schwarze Kautschukschläuche an. Solche Schläuche lassen das Quecksilber stets spiegelblank und werden jetzt bei beliebiger Dicke überall angefertigt. Das Befestigen der gedichteten Schläuche auf Glas oder Eisen geschieht durch trockene stark gewichste Hanf- oder Seidenschnüre oder nach Meyer's [5]) Vorgang mit feinem Eisendraht, sogenanntem Blumendraht.

β. Die Glas- und Stahlhähne, mittelst deren die einzelnen Räume von einander abgesperrt werden, bedürfen, wenn sie gut gearbeitet sind, keiner besonderen Vorbereitungen. Es genügt zu einem luft-

---

[1]) **Meyer.** Die Gase des Blutes. Zeitschr. für rat. Med. N. F. Bd. 8, S. 259. 1857.

[2]) **Setschenow.** Beiträge zur Pneumatologie des Blutes. Sitzungsber. der math.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 36, S. 307. 1859.

[3]) **Preyer.** Ueber die Bindung und Ausscheidung der Blutkohlensäure bei der Lungen- und Gewebeathmung. Sitzungsber. der math.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 49, 2. Abth., S. 48. 1864.

[4]) **Pflüger.** Beschreibung meiner Gaspumpe. Dessen: Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Bonn. S. 187. 1865.

[5]) **Meyer.** Die Gase des Blutes. Zeitschr. für rat. Med. N. F. Bd. 8, S. 261. 1857.

dichten Verschluss sie mit heissem Fett, wozu am besten Klauenfett benutzt wird, vor dem Gebrauch zu bestreichen.

Gréhant [1]) machte die Beobachtung, dass anfangs luftdicht schliessende mit Fett bestrichene Glashähne, wenn sie heissen Wasserdämpfen ausgesetzt werden, mit der Zeit undicht werden. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, umgab er die Hähne mit einem mit Wasser gefüllten Kautschukbeutel. Die Geschmeidigkeit des Kautschuks erlaubt den Hahn durchzufühlen und jede Drehung leicht auszuführen.

Pflüger bediente sich zuerst der von Geissler construirten Glashähne, nachdem er die Beobachtung gemacht hatte, dass mittelst derselben abgeschlossene luftleere Räume luftleer bleiben. Pflüger's Pumpe bewahrt z. B. Monate lang das Vacuum, ohne dass die Barometerprobe die geringste Aenderung zeigt. Vermuthet man, dass ein Hahn nicht luftdicht schliesst, so versenkt man denselben nach Helmholtz's [2]) Vorgang in ein Quecksilberbad. Zu dem Zweck befestigt man unterhalb des Hahns einen Glastrichter, dessen Hals abgesprengt ist, oder eine Holzschüssel, in deren Boden eine entsprechende Oeffnung geschnitten ist, und dichtet das Freibleibende mit Kork und Kitt. Statt des Quecksilbers benutzen Mathieu und Urbain [3]) Wasser.

Die Stahlhähne, die Meyer bei seiner Pumpe gebrauchte, waren mit kleinen Löchern versehen, in welche eine durch Zusammenschmelzen von Fett mit rohem Kautschuk bereitete Schmiere eingegossen wird. Derartige Vorkehrungen zu luftdichtem Verschluss sind jedoch nicht nöthig, da luftdicht schliessende Stahlhähne leicht zu beschaffen sind. Die Stahlhähne, die z. B. bei der Poggendorff'schen [4]) Quecksilberpumpe angebracht sind, bewahren Monate lang ihr Vacuum, wie wir uns überzeugten.

γ. Die Klemmen. Zum Abschliessen der Räume, die durch Kautschukschläuche verbunden sind, benutzt man sogenannte Quetscher oder Klemmschrauben. Vorzüglich im Gebrauch ist die Meyer'sche Klemme, aber auch der Quetschhahn von Mohr, den wir S. 38 beschrieben haben, oder die Klemme von Baumert, Hofmann und Pflüger. Kommt es darauf an zwei Kautschukverbindungen zu gleicher Zeit zu schliessen, so benutzt man die Portemonnaieklemme Wolffberg's.

[1]) Gréhant. Recherches physiologiques sur l'excrétion de l'urée par les reins. Robin. Journ. de l'anatom. et de la physiolog. T. 7, p. 321. 1870—1871.

[2]) Tageblatt der 43. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Innsbruck. S. 202. 1869.

[3]) Mathieu et Urbain. Des gaz du sang. Arch. de physiol. norm. et pathol. T. 4, p. 10. 1871.

[4]) Poggendorff. Ueber eine neue Einrichtung der Quecksilberluftpumpe. Monatsber. der königl. preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin. Aus dem Jahr 1865. S. 161. 1866.

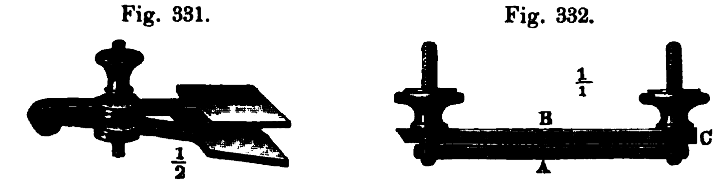
aa. Der Baumert'sche Quetscher[1],

Fig. 331, $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus zwei Metallplatten, welche durch eine Schraube fest an einander gepresst werden können. Die innere Fläche der Platten ist nicht eben, sondern steigt nach der Mitte sanft an. Dadurch wird ein dazwischen liegender Kautschukschlauch mitten durch die Achse besonders stark zusammengepresst und sicher geschlossen.

bb. Die Meyer'sche Klemme[2],

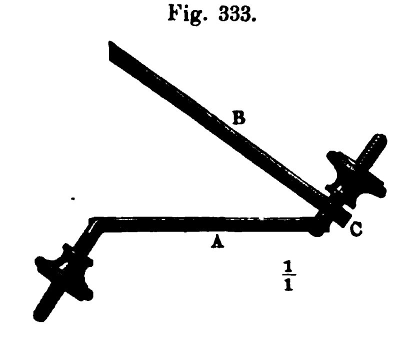
Fig. 332, nat. Gr., mit Unrecht auch Bunsen'sche oder Desaga'sche Klemme genannt, wird von einem Stäbchen *A*, an dessen beiden Enden

Fig. 331. Fig. 332.



zwei in Charnieren gehende mit einem zur Aufnahme des Stäbchens *B* dienenden Schlitz versehene Schraubenspindeln angebracht sind, gebildet. An dem einen der beiden abgeplatteten Enden des Stäbchens *B* ist ein Knöpfchen *C* angebracht, das das Ausgleiten aus diesem Schlitze in den Schraubenspindeln verhindert, während das andere Ende aus der Schraube zurückgezogen werden kann, wie Fig. 333, nat. Gr., erläutert. Auf den Schrauben laufen zwei Muttern, durch deren Anziehen man die Stäbchen beliebig einander nähern kann. Statt der runden Schraubenmuttern, die bei kleineren Meyer'schen Klemmen ganz zweckmässig, benutzt man bei grösseren nach dem Vorgange Scelkow's[3] Flügelmuttern, mittelst deren die Stäbchen *A* und *B* fester an einander gepresst werden können.

Fig. 333.



---

[1] Baumert. Chemische Untersuchungen über die Respiration des Schlammpeizgers (Cobitis fossilis). S. 6. 1855. Auch Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 88, S. 6. 1853.

[2] Meyer. Die Gase des Blutes. Zeitschr. für rat. Med. N. F. Bd. 8, S. 260. 1857.

[3] Scelkow. Beiträge zur vergleichenden Pneumatologie des Blutes. Arch. für Anat., Physiol. und wissensch. Medicin. Jahrg. 1864, S. 517. 1864.

cc. Die Klemmschraube Hofmann's

zeigt Fig. 334, nat. Gr. Dieselbe besteht aus der eisernen Platte *A* und dem eisernen Bügel *B*, in dem eine Querplatte *C* mittelst der Schraube *D* auf- und abbewegt werden kann. Die Klemmschrauben kommen in allen Grössen je nach Bedürfniss zur Verwendung.

dd. Die Holzklemme Pflüger's[1],

Fig. 335, $^1/_3$ nat. Gr., stellt einen hölzernen, an der Spitze abgerundeten Kegel dar, durch dessen Längsachse ein Schnitt geführt ist. Die

Fig. 334.

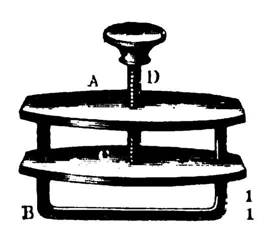
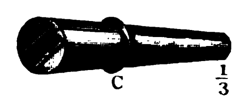


Fig. 335.

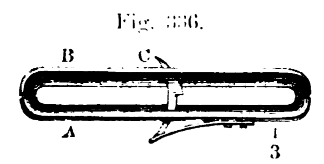


hierdurch entstehenden gleichen Hälften werden an der Basis durch ein Charnier zusammengehalten. Zum Schliessen dient ein Hornring *C*, der über die Klemme geschoben wird. Je nach der Grösse des Hornrings, den man zum Verschluss wählt ist die Kraft, mit welcher die Bügel zusammengedrückt werden. Die Klemme ist momentan geschlossen oder geöffnet und schliesst luftdicht.

ee. Die Portemonnaieklemme Wolffberg's[2])

wird mit Vortheil da angewandt, wo es gilt, zwei Kautschukschläuche zu gleicher Zeit abzusperren. Dieselbe besteht aus zwei eisernen Bügeln *A* und *B*, Fig. 336, $^1/_3$ nat. Gr., welche an beiden Endpunkten durch Charniere mit einander verbunden sind. Die luftdichte Absperrung der zwischen beiden eingelegten Gummischläuche wird durch einen verschiebbaren Schlüssel *C* ermöglicht; derselbe ist in die innere Seite des einen Bügels eingefügt und ragt durch eine entsprechende Oeffnung des anderen hervor.

Fig. 336.



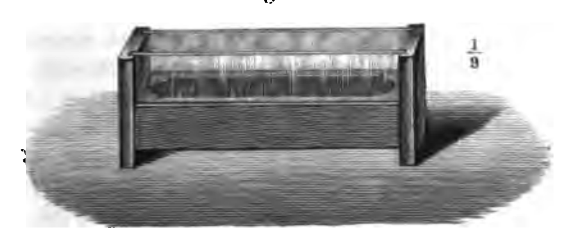
f. Bestimmung des Volumens der gewonnenen Gase. Zur Bestimmung des Volumens eines in einer calibrirten Eudiometerröhre

[1]) Strassburg. Die Topographie der Gasspannungen im thierischen Organismus. Pflüger's Archiv Bd. 6, S. 72. 1872.

[2]) Wolffberg. Ueber die Athmung der Lunge. Pflüger's Arch. Bd 6 S. 31. 1872.

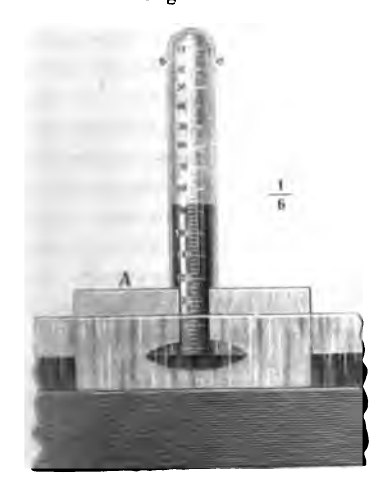
enthaltenen Gases sind vier Beobachtungen nöthig [1]). Man muss den oberen Stand des Quecksilbers im Eudiometer kennen, den unteren Stand desselben in der Quecksilberwanne, die bei der Beobachtung herrschende Temperatur und den Barometerstand. Um diese zu erfahren, stellt man das Eudiometer senkrecht in der Quecksilberwanne auf, bringt in dessen Nähe ein mit einem Thermometer versehenes Barometer und liest mittelst eines Fernrohrs, das 2 bis 3 m davon entfernt ist, die verschiedenen Quecksilberniveaus an den angebrachten Theilungen ab. Zuerst bestimmt man den höchsten Stand der Quecksilberkuppe im Inneren des Eudiometers an dessen Theilung, dann an derselben Theilung den äusseren Stand des Quecksilbers. Die Differenz zwischen beiden Ablesungen giebt die dem Barometerdruck entgegenwirkende, also von diesem abzuziehende Quecksilbersäule. Hierauf liest man den Stand des Barometers an

Fig. 337.



der an diesem in Millimetern angebrachten Theilung ab, und ebenso den Stand des Thermometers. Aus der Calibrirungstabelle, deren Anlegung wir S. 42 erläuterten, ergiebt sich das der ersten Ablesung entsprechende Volumen.

Fig. 338.



Die Quecksilberwanne, in welcher die Ablesung geschieht, besteht aus einem mit zwei Wänden von Spiegelglas versehenen Troge von Birnbaumholz von etwa 35 cm Länge und 8 cm Breite, Fig. 337, $^1/_9$ nat. Gr. Derselbe wird vor dem Gebrauche inwendig mit Quecksilber und einer Sublimatlösung zuerst feucht, dann trocken abgerieben, um eine Adhäsion des Quecksilbers an den Holzwänden herbeizuführen. Die Eudiometerröhre wird in der Quecksilberwanne senkrecht aufgestellt und durch ein Stativ oder eine sonstige Vorrichtung in dieser

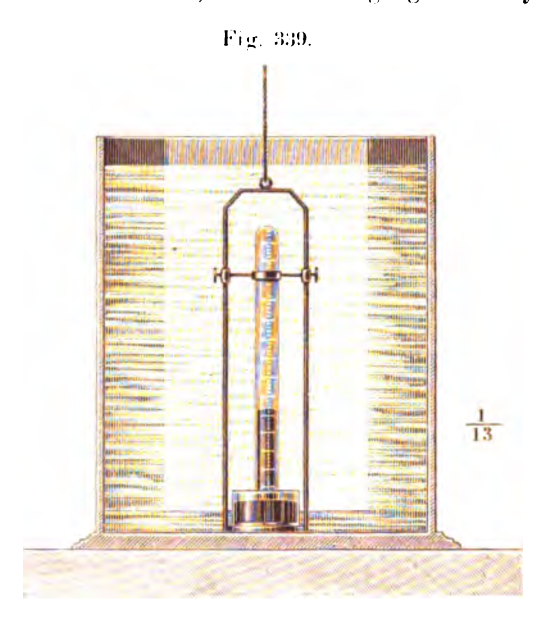
[1]) Bunsen. Gasometrische Methoden. S. 39. 1857.

Stellung gehalten. Zur besseren Beleuchtung der am unteren Quecksilberniveau abzulesenden Theilung wird ein kleiner Papierschirm *A*, Fig. 338, $^1/_6$ nat. Gr., s. v. S., zwischen das Quecksilber und die Glaswand der Wanne geschoben, durch dessen Spalt die Theilung der Eudiometerröhre und der Quecksilberspiegel der Wanne deutlicher sichtbar ist.

Bevor man mit den Ablesungen beginnt, müssen sämmtliche Apparate eine constante Temperatur angenommen haben. Bunsen räth daher, damit die Temperaturveränderungen des als Sperrflüssigkeit benutzten Quecksilbers mit denen der Luft sich rasch ausgleichen, eine möglichst geringe Quecksilbermasse bei den Versuchen zu verwenden und zwischen jeder Ablesung eine halbe, ja nach Umständen Stunden verstreichen zu lassen. Dies macht das Verfahren sehr zeitraubend.

Um nun rascher eine constante Temperatur in der Eudiometerröhre, dem Quecksilber in demselben und der Quecksilberwanne herzustellen, construirte Müller [1]) nach dem Vorgange von Doyère [2]) ein grosses Wasserbad, das aus einem oben offenen viereckigen eisernen Behälter besteht, an dessen beiden breiteren Seiten Fenster von Spiegelglas angebracht sind, wie Fig. 339, $^1/_{13}$ nat. Gr., erläutert. In diesem Behälter, der in entsprechender Höhe mit Wasser gefüllt ist, wird das Eudiometer sammt der Quecksilberwanne, die in diesem Falle passend aus einem Glastroge besteht, mittelst einer an der Decke und der Seitenwand des Laboratoriums angebrachten Rollenvorrichtung eingesenkt. Die senkrechte Stellung des Eudiometers wird durch einen mit zwei verstellbaren Schrauben versehenen Ring gesichert. In spätestens einer Viertelstunde hat sich die Temperatur des Gases im Eudiometer mit der des umgebenden Was-

Fig. 339.



[1]) W. Müller. Beiträge zur Theorie der Respiration. Sitzungsber. der math.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 33, S. 10?. 1859. Auch: Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 108, S. 265. 1858.

[2]) Doyère. Etudes sur la respiration. Annal. de chim. et de physique. III. sér. T. 28, p. 31. 1850.

sers vollständig ausgeglichen. Die Ablesung an den in dem Wasser befindlichen Apparaten kann ohne alle Schwierigkeit mittelst des Fernrohrs vorgenommen werden. Der Stand des Wasserspiegels in dem Behälter über dem Quecksilberniveau der Wanne wird an einer an der Spiegelplatte des Behälters eingeätzten Centimeterscale abgelesen; derselbe giebt auf Quecksilber bei 0° reducirt und dem jeweiligen Barometerstande addirt, den Druck, unter welchem das Gas gemessen wird. Anhaltspunkte zur Reduction des Wasserdrucks auf Quecksilberdruck giebt nachfolgende kleine Tabelle, die wir Bunsen [1]) entlehnen.

Wasserdruck in mm	Quecksilberdruck in mm	Wasserdruck in mm	Quecksilberdruck in mm
10	0·74	60	4·43
20	1·48	70	5·17
30	2·21	80	5·90
40	2·95	90	6·64
50	3·69	100	7·38

Die Gasvolumina, die ohne weiteres Zuthun zur Messung gelangen, sind entweder theilweise oder vollständig mit Wasserdampf gesättigt. Man würde nun einen grossen Fehler machen, wollte man dessen nicht eingedenk sein. Man misst daher die Gase entweder vollkommen trocken oder ganz mit Wasserdampf gesättigt.

Um des zeitraubenden Trocknens der anfänglichen Gasvolumina überhoben zu sein, zieht man es vor, sie von vornherein im feuchten Zustande zu messen. Dies erzielt man in sehr einfacher Weise dadurch, dass man in den Kopf des Eudiometers mittelst eines Glasstabes einen nur linsengrossen Wassertropfen bringt. Diese geringe Wassermenge ist hinreichend, um bei gewöhnlicher Temperatur das in das Eudiometer einzulassende Gas mit seinem Dampfe zu sättigen.

Ist das Gas im trockenen Zustande zu messen, so entfernt man vorher das Wasser durch Einführen einer festen Calciumchloridkugel. Solche Kugeln fertigt man sich aus schmelzendem Calciumchlorid, das man in eine gewöhnliche eiserne Kugelform giesst, deren Eingusscanal man vorher durch Abfeilen entfernt hat. Um die Kugel handhaben zu können, wird ein Platindraht eingeschmolzen. Dies geschieht in der Weise, dass man einen mit einer kleinen Umbiegung versehenen Platindraht vertical in die Gussform einsenkt und das geschmolzene Calciumchlorid zugiesst. Damit die Kugel beim Oeffnen der erkalteten Form nicht in zwei Theile zerbricht, hält man sie vorher einige Augenblicke in die Flamme einer Spirituslampe. Diese Kugeln führt man vorsichtig unter Quecksilber in die Eudiometerröhre, lässt sie dort einige Zeit und entfernt sie dann wieder.

Um nun die bei beliebiger Temperatur, beliebigem Druck etc. gemachten Messungen der Volumina der Gase mit einander vergleichen zu können,

[1]) Bunsen. Gasometrische Methoden. S. 297. 1857.

ist man übereingekommen, sie auf 0° C., 760 mm oder 1 m Quecksilberdruck und trockenen Zustand zu reduciren. Wie man diese Reductionen sowohl für sich als auch gemeinsam vornimmt, ist im Nachfolgenden enthalten.

α. **Reduction eines Gasvolumens von beliebiger Temperatur auf 0° C. oder eine andere beliebige Temperatur.** Obgleich die Behauptung Gay-Lussac's[1]), dass alle Gasarten einerlei Ausdehnungscoëfficienten besitzen, nicht richtig ist, indem Rudberg[2]), Magnus[3]) und Regnault[4]) durch Versuche darthaten, dass nicht bloss die verschiedenen bekannten Gase verschiedene Ausdehnungscoëfficienten besitzen, sondern dass selbst bei einem und demselben Gase die Grösse des Coëfficienten etwas von dem Drucke abhängt, dem man das Gas aussetzt, man sich also bei der Reduction eines Gasvolumens auf 0° C. stets des jeweiligen Ausdehnungscoëfficienten des betreffenden Gases zu bedienen hätte, so macht man doch stets die Annahme, dass alle Gase sich zwischen gleichen Temperaturgrenzen gleichviel ausdehnen, da die Abweichungen den Messungsfehlern gegenüber fast verschwinden. Man nimmt als Ausdehnungscoëfficient, d. h. die Grösse, um welche sich Gase ausdehnen, wenn sie von 0° bis 100° C. erhitzt werden, die Zahl 0·3665 an. Demnach dehnen sich die Gase für je 1° C. um 0·003665 aus. Beträgt z. B. das Volumen eines Gases bei 0° C. 1 cbcm, so nimmt es bei 10° C. den Raum

$$1 . (1 + 0{\cdot}003665 . 10)$$

ein, d. i. = 1·03665 cbcm.

Beträgt das Volumen eines Gases bei 10° C. 1 cbcm, so nimmt es bei 0° C. den Raum

$$\frac{1}{1 + 0{\cdot}003665 . 10}$$

ein, d. i. 0·964 cbcm.

Ist daher die Aufgabe gegeben, das Volumen eines Gases von einer niedrigeren Temperatur bei einer höheren zu finden, so sucht man zuerst die Ausdehnung für die Volumeneinheit, indem man zu 1 das Product aus 0·003665 und den Gradeunterschieden addirt, und multiplicirt die gewonnene Zahl mit der gegebenen Menge der Volumeneinheiten. Ist dage-

---

[1]) Gay-Lussac. Sur la dilatation des gaz et des vapeurs. Annal. de chim. et de physique. T. 43, p. 167. An X. Auch: Untersuchungen über die Ausdehnung der Gasarten und der Dämpfe durch die Wärme. Gilbert's Annal. Bd. 12, S. 288. 1803.

[2]) Rudberg. Ueber die Ausdehnung der trockenen Luft zwischen 0° und 100° C. Poggendorff's Annal. Bd. 41, S. 293. 1837.

[3]) Magnus. Ueber die Ausdehnung der Gase durch die Wärme. Poggendorff's Annal. Bd. 55, S. 1. 1842.

[4]) Regnault. Recherches sur la dilatation des gaz. Annal. de chim. et de physique. III. sér. T. 4, p. 51. 1842. Auch: Untersuchungen über die Ausdehnung der Gase. Poggendorff's Annal. Bd. 55, S. 570. 1842.

gen ein Gasvolumen von höherer Temperatur auf ein solches von niedriger zu reduciren, so dividirt man die Menge der Volumeneinheiten durch eben genannte Zahl.

Nachstehende Tabelle enthält die Werthe von 1 + 0·003665 von 0° bis 50° C., mit denen die Mengen der Volumeneinheiten bei der Reduction auf 0° zu dividiren oder bei der Umrechnung des Volumens von einer niedrigeren auf eine höhere Temperatur zu multipliciren sind.

Temperatur.	Ausdehnungsgrösse.	Temperatur.	Ausdehnungsgrösse.	Temperatur.	Ausdehnungsgrösse.
0°	1·0000	17	1·0623	34	1·1246
1	1·0037	18	1·0660	35	1·1283
2	1·0073	19	1·0696	36	1·1319
3	1·0109	20	1·0733	37	1·1356
4	1·0147	21	1·0770	38	1·1393
5	1·0183	22	1·0806	39	1·1429
6	1·0220	23	1·0843	40	1·1466
7	1·0257	24	1·0880	41	1·1450
8	1·0293	25	1·0916	42	1·1539
9	1·0330	26	1·0953	43	1·1576
10	1·0366	27	1·0990	44	1·1613
11	1·0403	28	1·1026	45	1·1649
12	1·0440	29	1·1063	46	1·1686
13	1·0476	30	1·1099	47	1·1723
14	1·0513	31	1·1136	48	1·1759
15	1·0550	32	1·1173	49	1·1796
16	1·0586	33	1·1209	50	1·1832

β. **Reduction eines Gasvolumens von gegebenem Druck auf einen beliebigen anderen.** Bei der Ausführung dieser Rechnung hat man zu unterscheiden, ob das Gas im trockenen Zustande oder mit Wasserdampf gesättigt gemessen wurde; ist letzteres der Fall, so hat man die Tension desselben in Abzug zu bringen.

Bei der Umrechnung eines Gasvolumens von beliebigem Druck auf einen anderen hat man sich an das Mariotte'sche Gesetz[1]) zu erinnern, nach dem sich die Volumina der Gase umgekehrt proportional dem Drucke verhalten, dem sie ausgesetzt sind.

---

[1]) Mariotte. Essays de physique. Second essay de la nature de l'air. 27. 1697.

Nimmt z. B. ein Gas bei einem Atmosphärendruck 10 cbcm ein, so wird es bei einem solchen von 10 Atmosphären 1 cbcm und bei $^1/_{10}$ Atmosphärendruck 100 cbcm einnehmen.

Bezeichnet man mit v das Volumen eines Gases bei dem Druck b so ist das Volumen dieses Gases V bei einem beliebigen Druck n, da

$$\frac{V}{v} = \frac{b}{n},$$

$$V = \frac{b}{n} \cdot v.$$

Nimmt z. B. ein Gas bei einem Barometerstand = 770 mm ein Volumen von 100 cbcm ein, so nimmt es bei einem Barometerstand von 760 ein Volumen von 101·31 cbcm ein, da

$$V = \frac{770}{760} \cdot 100$$

$$= 101{\cdot}31$$

ist. Ist das Volumen eines Gases bei einem Barometerstand von 500 mm z. B. = 84 cbcm, so nimmt es bei 760 mm Druck ein Volumen von 55·2 cbcm ein, da

$$V = \frac{500}{760} \cdot 84$$

$$= 55{\cdot}2 \text{ ist.}$$

Bei der Reduction eines mit Wasserdampf gesättigten Gases auf sein Volumen im trockenen Zustande ist vorher die Grösse der Dampftension für die Temperatur in Abzug zu bringen, bei welcher das Gas gemessen wurde. Man pflegt sie durch die Höhe einer Quecksilbersäule auszudrücken, welche ihr das Gleichgewicht hält. Nachstehende Tabelle (s. f. S.) giebt die Dampftension für die Temperaturen von 1 bis 50° C. nach den Bestimmungen von Regnault [1]) an.

Ist z. B. das Volumen eines Gases bei 746 mm Barometerstand und einer Temperatur von 20° C. = 52 cbcm, so ist sein Volumen bei 0° C. und 760 mm Quecksilberdruck

$$= \frac{746 - 17{\cdot}391 \;.\; 52}{760}$$

$$= 49{\cdot}85.$$

γ. **Reduction eines mit Wasserdampf bei beliebiger Temperatur gesättigten und bei beliebigem Barometerstande gemessenen Gases auf sein trockenes Volumen bei 0° C. und 760 mm oder 1 m Quecksilberdruck.** Die Ausführung dieser Operation geschieht

[1]) Regnault. Mémoire sur les forces élastiques de la vapeur d'eau. Annal. de chimie et de physique sér. III, T. XI, p. 334. 1848. Auch: Ueber die Spannkraft des Wasserdampfes. Poggendorff's Annal. II. Ergänzungsb. S. 178. 1848.

Temperatur in Graden C.	Tension in Millimetern.	Temperatur in Graden C.	Tension in Millimetern.	Temperatur in Graden C.	Tension in Millimetern.
0	4·600	17	14·421	34	39·565
1	4·940	18	15·357	35	41·827
2	5·302	19	16·346	36	44·201
3	5·687	20	17·391	37	46·691
4	6·097	21	18·495	38	49·302
5	6·534	22	19·659	39	52·039
6	6·998	23	20·888	40	54·906
7	7·492	24	22·184	41	57·910
8	8·017	25	23·550	42	61·055
9	8·574	26	24·988	43	64·346
10	9·165	27	26·505	44	67·790
11	9·792	28	28·101	45	71·391
12	10·457	29	29·782	46	75·158
13	11·162	30	31·548	47	79·093
14	11·908	31	33·405	48	83·204
15	12·699	32	35·359	49	87·499
16	13·536	33	37·410	50	91·982

nach einer Formel, die sich aus dem oben angegebenen Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze unschwer ableitet. Dieselbe ist, wenn v das Volumen eines Gases bei dem Druck b, t die Temperatur, b^2 die dieser zugehörige Tension des Wasserdampfes bezeichnet, für 760 mm Quecksilber oder Atmosphärendruck

$$= \frac{1}{0·760} \cdot \frac{(b - b^2)v}{1 + 0·003665t}$$

oder für 1 m Druck

$$= \frac{(b - b^2)v}{1 + 0·003665t}.$$

Bei Gasanalysen leitet man in der Regel sogleich aus den bei der Ablesung erhaltenen Zahlen das Volumen des Gases bei 0⁰ und 760 mm oder 1 m ab und benutzt zur Berechnung die von Bunsen [1]) angegebene Formel, die für 0⁰ und 1 m Druck im Zustande der Trockenheit

[1]) Bunsen. Gasometrische Methoden. S. 42. 1857.

$$v' = \frac{(v + m)(b - b_1 - b_2)}{1 + 0{\cdot}00366\,t}$$

ist oder für 760 mm Quecksilberdruck

$$v' = \frac{1}{0{\cdot}760} \cdot \frac{(v + m)(b - b_1 - b_2)}{1 + 0{\cdot}00366\,t}$$

lautet. Bei dieser Formel bedeutet b den beobachteten Barometerstand, b_1 die über dem äusseren Quecksilberniveau der Quecksilberwanne hervorragende Quecksilbersäule im Eudiometer, t die beobachtete Temperatur, b^2 die dieser zugehörige aus der Tabelle S. 463 ersichtliche Dampftension, wofern das Gas feucht gemessen wurde, m den Fehler des Meniscus, v das aus der Correctionstabelle entnommene Gasvolumen, und v_1 das auf 0° und 1 m oder 760 mm reducirte Gasvolumen.

Als Beispiel der Berechnung dient nachstehende Messung eines feuchten Gasvolumens.

Gas mit Feuchtigkeit gesättigt:

Untere Ablesung am äusseren Quecksilberniveau .		= 565·9
Obere Ablesung am Eudiometer		= 317·3
Vom Barometer abzuziehende Druckhöhe	b_1	= 248·6
Thermometerstand	t	= 20·2° C.
Barometerstand	b	= 746·9 mm
Tension für 20·2° C.	b_2	= 17·6 „
Der Ablesung 248·6 entspricht in der Calibrirungstabelle	v	= 292·7
Correction des Meniscus	m	= 0·4

Demnach ist

$$v' = \frac{(292{\cdot}7 + 0{\cdot}4)(746{\cdot}9 - 248{\cdot}6 - 17{\cdot}6)}{1 + 0{\cdot}00366 \,.\, 20{\cdot}2}$$

$$= 131{\cdot}2$$

bei 0° und 1 m Druck oder

$$= \frac{1}{0{\cdot}760} \cdot \frac{(292{\cdot}7 + 0{\cdot}4)(746{\cdot}9 - 248{\cdot}6 - 17{\cdot}6)}{1 + 0{\cdot}00366 \,.\, 20{\cdot}2}$$

$$= 172{\cdot}6$$

bei 0° und 760 mm Quecksilberdruck.

Die Volumina der Gase werden auf 0° C. und 760 mm oder 1 m Quecksilberdruck berechnet angegeben. In Frankreich werden die Volumina der Gase ausschliesslich auf 0° und Atmosphärendruck reducirt, in Deutschland seit 1840 [1]) grösstentheils auf 0° und 1 m Druck. Dies

[1]) Die Reduction der bei Gasanalysen erhaltenen Volumina auf 0° und 1 m Druck führte Bunsen ohne weitere Motivirung ein. In der Abhandlung Bunsen's: Ueber die gasförmigen Producte des Hohofens und ihre Benutzung als Brennmaterial. Poggendorff's Annal. Bd. 46, S. 193. 1839. sind die Gas-

erschwert die Vergleichung der von verschiedenen Autoren gewonnenen Resultate, da stets Reductionen vorher auszuführen sind. Man hat bei der Umwandlung der auf 1 m berechneten Volumina auf 760 mm Druck dieselben mit $\frac{1000}{760} = 1{\cdot}315$ oder bei der Umrechnung der auf 760 mm Druck reducirten Volumina auf ihr Volumen bei 1 m Druck mit 0·76 zu multipliciren. Da nun sämmtliche Physiker Deutschlands, Frankreichs etc. die Gasvolumina auf 0° und 760 mm Quecksilberdruck reduciren, das nämliche Verfahren die Physiologen Frankreichs und zum Theil auch Deutschlands beobachten, so wäre es zweckmässig, es würden auch von den Physiologen Deutschlands insgesammt die Gasvolumina auf 0° und 760 mm Druck allein oder neben dem auf 0° und 1 m Druck reducirten Volumen zu erleichternder Vergleichung angegeben werden, wie es z. B. Pflüger [1]) in seiner Abhandlung über die normalen Gasmengen des arteriellen Blutes höchst zweckmässig that. Die Reductionen der Volumina aus den directen Messungen könnten immerhin zunächst auf 0° und 1 m Druck der einfacheren Rechnung halber geschehen. Meyer [2]) z. B. reducirte die Volumina bei der Analyse auf 0° und 1 m Druck und führt die erhaltenen Zahlen als Belege an; das Endresultat aber ist in auf 0° und 760 mm Druck reducirten Grössen aufgeführt. Ein Nebenvortheil wäre, dass auch Rechnungsfehler eher ausgeschlossen würden. So finden wir z. B. eine Zusammenstellung in der viel citirten Abhandlung Schöffer's [3]) über die Blutgase, wo das specifische Gewicht der gasförmigen Kohlensäure bei 0° und 760 mm Quecksilberdruck angenommen wird, während die direct bestimmten Kohlensäuremengen auf 0° und 1 m Druck reducirt werden, ein Fehler, den Preyer [4]) entdeckte.

Das Verfahren, die Blutgase in auf 0° und 1 m Quecksilberdruck reducirten Werthen anzugeben, rührt von Setschenow [5]) her.

---

volumina auf 0° und 760 mm Druck reducirt, in der ein Jahr darauf folgenden: Ueber die Gichtgase des Kupferschieferofens zu Friedrichshütte bei Rotenburg. Ibid. Bd. 50, S. 81. 1840, sind die Gasvolumina auf 0° C. und 1 m Druck reducirt angegeben.

1) Pflüger. Die normalen Gasmengen des arteriellen Blutes nach verbesserten Methoden. Centralblatt für die med. Wissensch. Jahrg. V, S. 724. 1867.

2) Meyer. Die Gase des Blutes. Zeitschrift für rat. Med. N. F. Bd. 8, S. 264. 1857.

3) Schöffer. Ueber die Kohlensäure des Blutes und ihre Ausscheidung durch die Lungen. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 41, S. 601. 1860.

4) Preyer. Ueber die Bindung und Ausscheidung der Blutkohlensäure bei der Lungen- und Gewebeathmung. Sitzungsber. der math.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 49, 2. Abth., S. 41. 1864.

5) Setschenow. Beiträge zur Pneumatologie des Blutes. Sitzungsber. der math.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 36, S. 313. 1859.

g. Die Analyse der gefundenen Gasmengen. Die in den Eudiometern bei der Blutgasanalyse gewonnenen Gasmengen bestehen aus wechselnden Mengen von Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff. Zu ihrer Bestimmung verfährt man im Allgemeinen in der Weise, dass man zuerst die Kohlensäure durch Kali zur Absorption bringt, dann den Sauerstoff durch Phosphor oder Kaliumpyrogallat ebenfalls absorbiren lässt oder mit Wasserstoffgas verbrennt und den Rückstand als Stickstoff betrachtet. Die Methoden, nach denen man hierbei verfährt, sind sehr verschieden. Vorzüglich kommen die von Bunsen, Regnault und Reiset und Frankland und Ward angegebenen Verfahrungsweisen und Apparate in Anwendung.

α. Methode von Bunsen [1]). Diese Methode der Gasanalyse empfiehlt sich durch ihre Empfindlichkeit, die Einfachheit der Apparate und die Leichtigkeit der Handhabung derselben; sie wird in Deutschland allgemein in Anwendung gezogen. Wie man die einzelnen Gase nach dieser Methode bestimmt, ist im Nachfolgenden enthalten.

aa. Die Bestimmung der Kohlensäure

geschieht durch eine an einen Platindraht gegossene Aetzkalikugel, die so wasserhaltig ist, dass sie noch Eindrücke vom Nagel annimmt, und die man zuvor an der Oberfläche mit etwas Wasser befeuchtet. Hat man sehr grosse Volumina Kohlensäure zu absorbiren, so bringt man die Kugel zweimal in das Gas, nachdem man sie vor dem zweiten Einbringen durch Abspülen mit Wasser von der darauf befindlichen Kruste von gebildetem Carbonat befreit hat. So lange sich die Kugel im Eudiometer befindet, darf das andere Drahtende nicht über die Oberfläche des Quecksilbers in der Wanne herausragen, weil sonst eine Diffusion zwischen dem Gase in dem Eudiometer und der atmosphärischen Luft längs des Drahtes eintritt.

Ist nach längerem Verweilen der Kalikugel in der Eudiometerröhre keine Aenderung des Quecksilberstandes in derselben zu bemerken, so liest man ab. Die Differenz zwischen der Ablesung vor der Absorption und nach derselben giebt die Menge der absorbirten Kohlensäure an.

Als Beispiel führen wir eine Bestimmung der Kohlensäure an, die wir einer Abhandlung Setschenow's [2]) entlehnen.

	Beobachtetes Volumen.	Temperatur.	Druck in m.	Vol. bei 0° und 1 m Druck.
Vor der Absorption	24·851	3° C.	0·7111	17·479
Nach der Absorption	8·336	3° „	0·6158	5·077

[1]) Bunsen. Gasometrische Methoden S. 46. 1857.

[2]) Setschenow. Pneumatologische Notizen. Zeitschrift für rationelle Med. III. R. Bd. 10, S. 287. 1861.

Nach diesen Ablesungen enthalten 17·479 Volumina Gas bei 0° und 1 m Druck 12·402 Volumina Kohlensäure.

bb. Die Bestimmung des Sauerstoffs.

Die Bestimmung des Sauerstoffs geschieht entweder durch Verbrennung mit überschüssigem Wasserstoffgas, ein Verfahren, das von Volta [1]) herrührt; oder mittelst Phosphors oder nach dem Vorgange Liebig's durch Kaliumpyrogallat.

Wenn auch bereits v. Humboldt und Gay-Lussac [2]) die praktische Verwerthbarkeit des Volta'schen Verfahrens zeigten, so gebührt doch Bunsen das Verdienst, dasselbe durch Construction geeigneter Hülfsapparate allgemein brauchbar gemacht zu haben. Die Bestimmung des Sauerstoffs durch Verbrennung mit überschüssigem Wasserstoffgas bildet nunmehr die genaueste und am schnellsten ausführbare Methode der Sauerstoffbestimmung. Die gesuchte Sauerstoffmenge ergiebt sich, indem man die bei der Verbrennung eintretende Volumenverminderung durch 3 dividirt, da $^2/_3$ des verbrannten Gasvolumens aus Wasserstoff und $^1/_3$ aus Sauerstoff besteht. Bei weniger genauen Untersuchungen entwickelt man das zur Verbrennung erforderliche Wasserstoffgas in einem kleinen Kölbchen aus Zink und verdünnter Schwefelsäure, das man durch Kali streichen lässt; kommt es dagegen auf möglichste Genauigkeit an, so bereitet man sich das Wasserstoffgas auf elektrolytischem Wege.

Man bedient sich dazu des Fig. 340, $^1/_5$ nat. Gr., s. f. S., abgebildeten Apparates. Derselbe besteht aus einer Glasröhre, die unten verschlossen ist, nach oben aber sich trichterförmig erweitert. In diese Glasröhre sind zwei Platindrähte eingeschmolzen; der untere *a* mündet in Quecksilber, auf dem Zinkdraht schwimmt, der obere mündet in ein Platinblech *c*. Verbindet man den Draht *a* mit dem positiven Pol und den Draht des Platinblechs *c* mit dem negativen Pol einer aus mehreren Elementen bestehenden galvanischen Batterie, und füllt man den Zersetzungsapparat mit zehnfach verdünnter Schwefelsäure, so erhält man eine gleichmässige Entwickelung von geruchlosem Wasserstoffgas, das durch das in die Trichtermündung *i* eingesteckte Abflussrohr *d* entweicht. Das Rohr *d* hat einige Ausbuchtungen, in welchen sich einige Tropfen concentrirter Schwefelsäure zum Waschen und Trocknen des Gases befinden.

Da sich der bei *b* ausscheidende Sauerstoff sehr rasch mit dem Zink zu Zinksulphat vereinigt, so muss der Apparat nach jedesmaligem Ge-

---

[1]) Volta. Collezione dell' opere del cavaliere conte Alessandro Volta. T. III, p. 197. 1816.

[2]) Humbolt et Gay-Lussac. Expériences sur les moyens eudiometriques et sur la proportion des principes constituans de l'atmosphère. Journ. de physique, T. 60, p. 137. An. XIII. Auch: Versuche über die eudiometrischen Mittel und über das Verhältniss der Bestandtheile der Atmosphäre. Gilbert's Annal. Bd. 20, S. 53. 1805.

brauch entleert und mit neuer Flüssigkeit gefüllt werden. Dies geschieht in der Weise, dass man den Stöpsel des Abflussrohrs *h* entfernt, die Röhre *d* aus dem Trichter *i* herausnimmt und die neue Flüssigkeit in das kleine, während des Versuchs als Wasserverschluss dienende Reservoir *n* eingiesst, wobei die bei *h* ausfliessende aufgebrauchte Flüssigkeit durch die bei *n* eingegossene verdrängt wird. Das Zersetzungsgefäss steht in einem mit Alkohol gefüllten Cylinder *gg*, um eine Erhitzung der Poldrähte zu verhüten.

Ehe man das Wasserstoffgas verwenden kann, muss der Apparat eine halbe Stunde im Gange sein, damit man die Versicherung hat, dass

Fig. 340.



die letzten Spuren atmosphärischer Luft aus dem Apparate ausgetrieben sind.

Wenn man nun die Bestimmung des Sauerstoffs durch die Verbrennung ausführen will, so macht man zunächst die nöthigen Ablesungen, alsdann lässt man die drei- bis zehnfache Menge Wasserstoff zutreten und liest wieder ab. Nach den von Bunsen angestellten Versuchen verläuft die gegenseitige Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff bei Gegenwart von Stickstoff gefahrlos, wenn das Gasgemisch nicht weniger als 24 und nicht mehr als 64 Volumprocente von diesen Gasen enthält.

Man verschliesst hierauf die Oeffnung des Eudiometers mit einer Korkplatte, die mit Kautschuk überzogen ist und fixirt die Eudiometer-

röhre durch einen Halter, dem man zugleich die Einrichtung giebt, dass er die Röhre fest auf den Boden der Quecksilberwanne presst. Um die Adhäsion der Luft an der Kautschukplatte zu vermeiden, übergiesst man sie mit einer verdünnten Sublimatlösung. Nach der Verbrennung lässt man vorsichtig nach leichter Bewegung der Kautschukplatte Quecksilber in dem Eudiometer in die Höhe steigen und liest nach einiger Zeit das neue Volumen wie früher ab.

Die Entzündung des Gasgemenges geschieht durch den elektrischen Funken, der am einfachsten durch einen kleinen Inductionsapparat erzeugt wird. Statt dessen kann man auch eine kleine Leidner Flasche benutzen, die um die beim Gebrauch sonst unvermeidliche Amalgamirung der äusseren Belegung zu vermeiden, mit Platinfolie belegt ist. Man ladet sie in der Weise, dass man an ihren Knopf eine Porcellanröhre hält und dieselbe mit einem auf Seide gestrichenen Amalgam reibt. Man braucht nur wenige Secunden zu reiben, um aus dem Fläschchen 10 bis 20 mm lange Funken zu erhalten.

Das Amalgam bereitet man sich nach Bunsen's Vorschrift in folgender Weise. Man erhitzt zwei Theile Quecksilber in einem gewöhnlichen Reagensgläschen und löst darin unter stetem Umrühren einen Theil dünnes Zinkblech und einen Theil Stanniol auf. Hierauf schmilzt man das Amalgam sechs bis acht Mal um, um es geschmeidiger zu machen und trägt es auf ein Stück dickes, am besten gewirktes Seidenzeug auf, das als Reibzeug dient. Bei dem Reiben der Porcellanröhre legt man das Seidenzeug so um dieselbe, dass die reibende Fläche nur zur Hälfte mit Amalgam bedeckt ist, zur Hälfte frei bleibt.

Als Beispiel der Bestimmung des Sauerstoffs mittelst der Verbrennung führen wir eine Analyse an, die wir Wolffberg's [1]) Untersuchungen über die Spannung der Blutgase in den Lungencapillaren entnehmen:

	Volumen in cbcm.	Temperatur in °C.	Quecksilberdruck in cm.	Reducirtes Volumen auf 0° und 1 m Druck.
Stand des Gases im Eudiometer	11·0904	18·8	31·798	3·299
Desgl. nach Zusatz von Wasserstoff	22·7144	19·5	46·174	9·789
Desgl. nach der Verpuffung	22·2355	19·6	45·654	9·472

Aus diesen Zahlen ergiebt sich durch die Verpuffung im Eudiometer eine Differenz von 0·317 = 0·105 Sauerstoff. Das Gasgemenge enthält mithin in 100 Thln. 3·2 Proc. Sauerstoff.

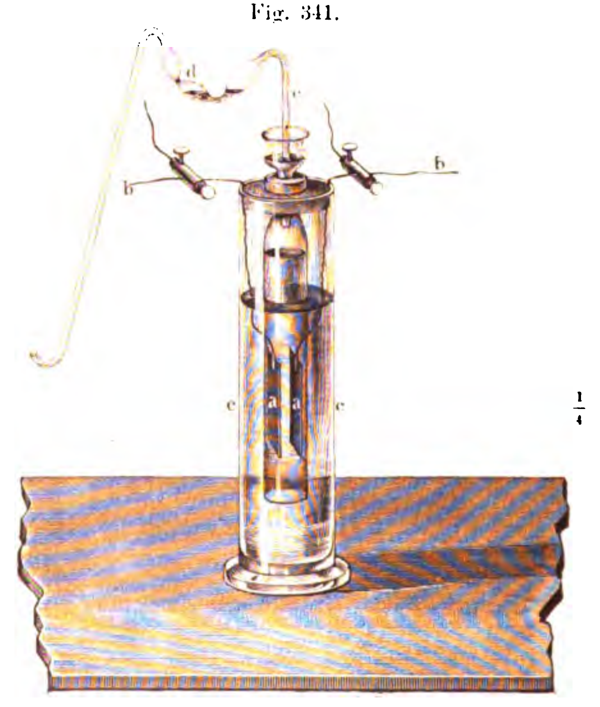
---

[1]) Wolffberg. Ueber die Spannung der Blutgase in den Lungencapillaren. Pflüger's Archiv, Bd. 4, S. 471. 1871.

Wenn das Gasgemenge sehr wenig Sauerstoff enthält, so findet nach dem Hinzubringen von überschüssigem Wasserstoff durch den elektrischen Funken keine oder nur eine unvollständige Verbrennung statt. Man setzt deshalb etwa eben so viel Knallgas als das Volumen des zu analysirenden Gasgemenges beträgt, zu und lässt nach der Mischung der Gase den elektrischen Funken durchschlagen. Die Verbrennung findet vollständig statt und die Volumverminderung der Mischung giebt die Summe des in Verbindung getretenen Sauerstoffs und Wasserstoffs an; $^1/_3$ hiervon ist Sauerstoff, $^2/_3$ Wasserstoff. Man hat das hinzugebrachte Knallgas nicht in Rechnung zu ziehen, weil es bei der Verbrennung vollständig verschwindet.

Zur Bereitung des Knallgases dient der Fig. 341, $^1/_4$ nat. Gr., abgebildete Apparat. Derselbe besteht aus einem mit einem Trichter

Fig. 341.



versehenen Glasgefässe, in dessen Wände einander gegenüberstehend zwei mit zwei Platinplatten *aa* vernietete Platindrähte *b b* eingeschmolzen sind. Das Gefäss ist mit zehnfach verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Die beiden Platindrähte *bb* stehen mit den Polen einer galvanischen Batterie in Verbindung. Das bei geschlossener Kette sich entwickelnde Gas entweicht durch die Röhre *c*, und wird, bevor es nach aussen tritt, durch die bei *d* befindliche Schwefelsäure gewaschen. Die Röhre *e* ist

in die trichterförmige Erweiterung des Zersetzungsgefässes eingeschliffen, die mit Wasser gefüllt wird und zu weiterem Verschlusse dient. Das Zersetzungsgefäss ist mittelst Kork in dem Glascylinder *c c* befestigt; derselbe ist theilweise mit Alkohol gefüllt, um eine zu grosse Erhitzung der Zersetzungsflüssigkeit und der Poldrähte zu verhindern.

Das elektrolytische Knallgas verbrennt vollständig ohne einen Rückstand von Wasserstoff oder Sauerstoff zu hinterlassen.

Statt der Bestimmung des Sauerstoffs durch Verbrennung mit Wasserstoffgas geschieht dieselbe auch häufig, namentlich in Frankreich, mittelst Phosphors oder nach dem Vorgange Liebig's durch Absorption mittelst Kaliumpyrogallates.

Die Bestimmung des Sauerstoffs mittelst Phosphors gab Berthollet [1]) zuerst an. Dem Phosphor, den man hierzu benutzt, giebt man Kugelform und führt ihn mit Eisen- oder Platindraht umwickelt unter Quecksilber in das Eudiometer ein. Die Absorption geht bei gewöhnlicher Temperatur langsam vor sich, ungleich schneller in der Wärme oder im Sonnenlichte, wie Regnault und Reiset [2]) angeben. Pflüger [3]) macht darauf aufmerksam, dass das Eudiometer, in dem die Absorption des Sauerstoffs durch Phosphor geschieht, nicht mit Aetzkalilauge, von der Bestimmung der Kohlensäure herrührend, befeuchtet sein darf, denn sonst bildet sich Phosphorwasserstoff, wodurch ein bedeutender Fehler in die Analyse eingeführt werden kann. Des Phosphors zur Bestimmung des Sauerstoffs in den gewonnenen Blutgasen bedienten sich z. B. Estor und Saint-Pierre [4]).

Die Bestimmung des Sauerstoffs durch Kaliumpyrogallat rührt von Liebig [5]) her. Zu dem Ende werden Coakskugeln oder Kugeln von Papiermaché mit Kaliumpyrogallat getränkt und die Kugeln mittelst eines in ihnen angebrachten Platindrahtes in die Eudiometerröhre eingeführt.

Die Coakskugeln bereitet man sich aus einem fein pulverisirten Gemenge von ungefähr 1 Thl. fetter möglichst schwefelkiesfreier Steinkohle und 2 Thln. Coaks. Man schüttet diese Masse in eine Kugelform,

---

[1]) Berthollet. Observations eudiometriques. Annal. de chimie, T. 34, p. 78. An. VIII. Auch: Bemerkungen über Eudiometrie. Gilbert's Annal. Bd. 5, S. 345. 1800.

[2]) Regnault et Reiset. Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes. Annal. de chim. et de physique 3. sér. T. 26, p. 357. 1849. Auch: Chemische Untersuchungen über die Respiration der Thiere aus verschiedenen Classen. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 73, S. 153. 1850.

[3]) Pflüger. Ueber die Geschwindigkeit der Oxydationsprocesse im arteriellen Blutstrom. Pflüger's Arch. Jahrg. I, S. 294. 1868.

[4]) Saint-Pierre et Estor. Sur un appareil propre aux analyses des mélanges gazeux et spécialement au dosage de gaz du sang. Robin. Journ. de l'anatom. et de la physiol. T. II, p. 108. 1865.

[5]) Liebig. Neues Verfahren zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes der atmosphärischen Luft. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 77, S. 108. 1851.

schiebt in ihre Mitte einen Platindraht und erhitzt langsam zwischen Kohlen bis zum starken Rothglühen. Wird die Masse zu porös, oder noch nicht hinlänglich fest, so tränkt man die zuvor über 100° C. erhitzte Kugel mit concentrirtem Zuckersyrup und glüht sie auf offener Flamme aus. Die Kugel wird mit der Kaliumpyrogallatlösung, die unmittelbar vor der Benutzung bereitet wird, getränkt und mittelst des Platindrahtes in das Eudiometer eingeführt. Findet keine Volumenabnahme im Eudiometer statt, so entfernt man die Coakskugel und führt an ihrer Stelle Kugeln von Calciumchlorid oder Kali ein, um das rückständige Gas vollständig zu entwässern. Nach der Entfernung der zweiten Kugel macht man wieder die nöthige Ablesung.

Statt der Coakskugeln macht man auch Kugeln von Papiermaché. Zu dem Ende presst man Löschpapier um einen Platindraht in eine Kugelform.

Anbei führen wir ein Beispiel der Bestimmung des Sauerstoffs durch Kaliumpyrogallat an, das wir einer Abhandlung Wolffberg's[1]) entnehmen.

	Volumina in cbcm.	Temperatur.	Red. Druck in mm.	Red. Vol. auf 0° und 1 m Druck.
Vor Absorption des Sauerstoffs	24·2766	22·1° C.	575·13	12·917
Nach Absorption des Sauerstoffs u. Trocknen mittelst Kali	22·9469	20·9° C.	586·98	12·512

Durch das eingeführte Kaliumpyrogallat wurden 0·405 Sauerstoff absorbirt. Das Gas enthielt somit in 100 Thln. 3·1 Proc. Sauerstoff.

---

[1]) Wolffberg. Ueber die Spannung der Blutgase in den Lungencapillaren. Pflüger. Arch. Jahrg. 4, S. 473. 1871.

αα. Die Bestimmung des Stickstoffs.

Die Menge des Stickstoffs ergiebt sich in Gasgemengen, die aus Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff bestehen, direct aus dem Gasreste, welcher in der Eudiometerröhre nach Absorption der Kohlensäure und des Sauerstoffs bleibt. War die Bestimmung des Sauerstoffs durch Verpuffung mit Wasserstoffgas geschehen, so besteht der in der Eudiometerröhre gebliebene Gasrest aus Stickstoff und dem Wasserstoff, welcher sich mit dem Sauerstoff nicht zu Wasser verband. Den Stickstoff findet man nun, indem man von dem ursprünglichen Gasvolumen das gefundene Volumen der Kohlensäure und des Sauerstoffs abzieht.

Beträgt z. B. die Menge der gewonnenen Blutgase bei 0° und 1 m Druck 39·606 cbcm, die der Kohlensäure 33·633, die des Sauerstoffs 1·178, so ist die Menge des Stickstoffs 39·606 — (33·633 + 1·178) = 4·795.

Das Beispiel ist einer Abhandlung Setschenow's [1]) entlehnt.

β. Methode von Regnault und Reiset [2]). Da die Bestimmung der Gase nach der Methode Bunsen's viel Zeit in Anspruch nimmt, so ersannen Regnault und Reiset ein Verfahren, das eine grössere Anzahl von Gasanalysen in verhältnissmässig kurzer Zeit auszuführen gestattet. Während nämlich bei Anwendung der Methode Bunsen's stets die Volumina der Gase unter einem und demselben Druck gemessen werden, werden nach der Methode Regnault's und Reiset's umgekehrt die verschiedenen Drucke gemessen, welche nothwendig sind, um dem Gase stets dasselbe Volumen zu geben.

Der Apparat, den Regnault und Reiset hierzu construirten, besteht aus zwei Theilen. Der erste, die Messröhre, dient zum Messen des Gases unter bekanntem Druck, Temperatur und Feuchtigkeit; in dem zweiten werden die Gase mit den verschiedenen absorbirenden Mitteln behandelt.

Der ganze Apparat, Fig. 342 und Fig. 343, $^1/_{13}$ nat. Gr., s. f. S., besteht aus den drei Röhren *ab*, *cd* und *fg*, von denen *ab* und *cd* senkrecht in einer gusseisernen Fassung *NN'* eingekittet sind. Diese beiden Röhren sind in Millimeter getheilt und haben einen inneren Durchmesser von 15 bis 20 mm. Die Röhre *ab* endigt an ihrem oberen Ende in eine gekrümmte Röhre *ahr*, an ihrem unteren Ende ist sie mit einem Hahn *R*

---

[1]) Setschenow. Beiträge zur Pneumatologie des Blutes. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 36, S. 313. 1859.

[2]) Regnault et Reiset. Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes. Annal. de chimie et de physique. 3. sér. T. 26, p. 333. 1849. Auch: Chemische Untersuchungen über die Respiration der Thiere aus verschiedenen Classen. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 73, S. 133. 1850.

versehen; die Röhre *cd* endigt oben offen, unten communicirt sie seitlich mit *ab*. Der Hahn *R* hat eine ⊤-förmige Durchbohrung. Wie aus

Fig. 342. Fig. 343.

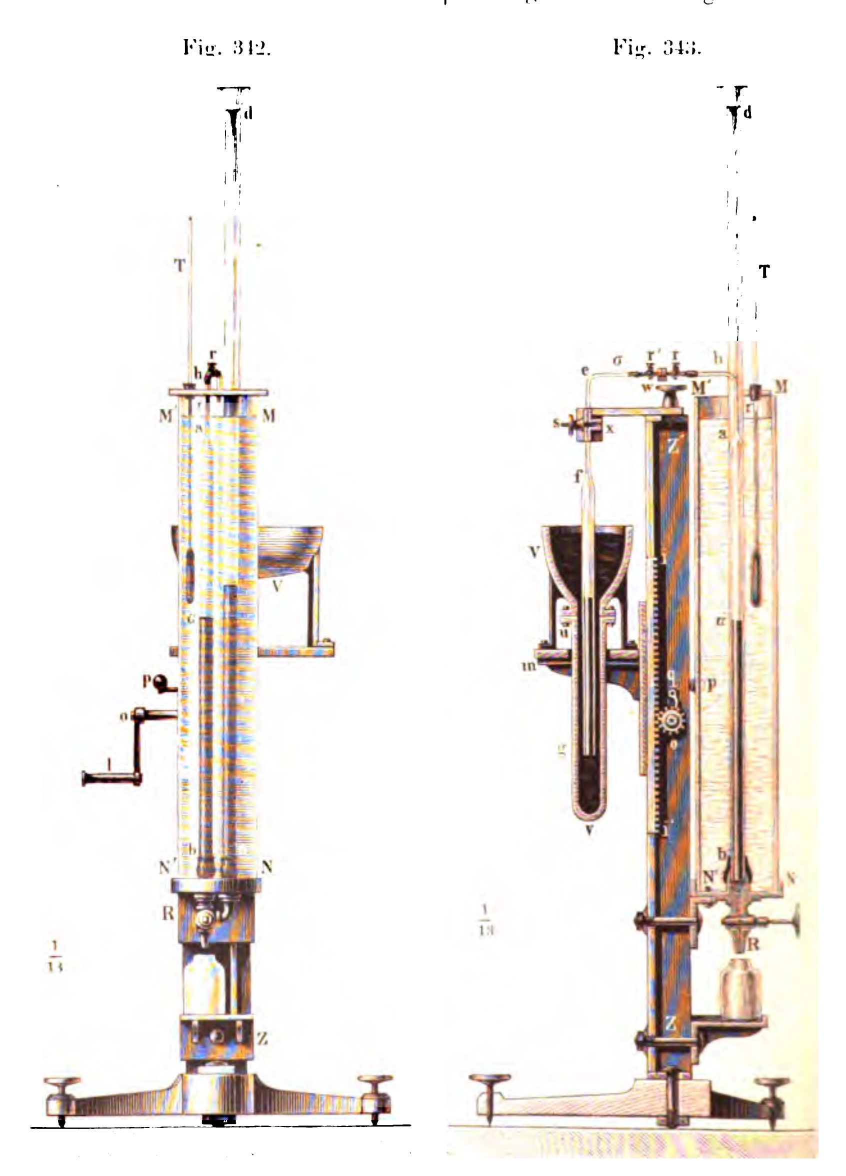
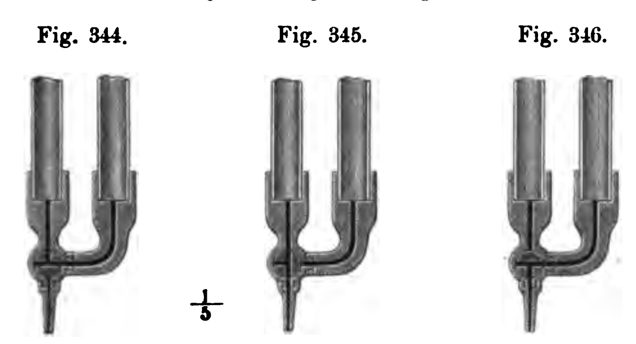


Fig. 344, 1/[illegible] nat. Gr., erhellt, kann man sowohl eine Verbindung zwischen den beiden Röhren *ab* und *cd* herstellen, als auch jede derselben

gesondert nach aussen communiciren lassen. Fig. 345 und Fig. 346, $^1/_5$ nat. Gr., erläutern die jedesmalige Stellung des Hahns.

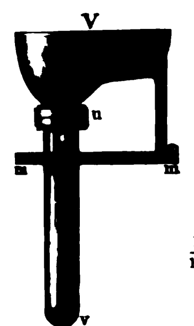
Fig. 344. Fig. 345. Fig. 346.



Beide Röhren zusammen bilden einen manometrischen Apparat, welcher von dem mit Wasser gefüllten Glascylinder $M' N' NM$ umgeben ist. Die Temperatur dieses Wassers wird durch das Thermometer T gemessen.

Die Röhre fg ist an ihrem unteren Ende offen und geht oben in eine gebogene Capillarröhre fer' über; sie taucht in eine kleine gusseiserne Wanne V, die in Fig. 347, $^1/_{13}$ nat. Gr., noch besonders abgebildet ist. Die Wanne V ist auf einem Tischchen mm befestigt, welches man nach Belieben längs des verticalen auf Stellschrauben ruhenden Trägers ZZ' mittelst der gezahnten Stange ii' und dem durch die Kurbel I in Bewegung gesetzten Triebrade o heben kann. Der Sperrhaken q, der mit einem Gegengewicht p versehen ist, erlaubt die gezahnte Stange und damit auch die Wanne V in beliebiger Höhe anzuhalten.

Fig. 347.

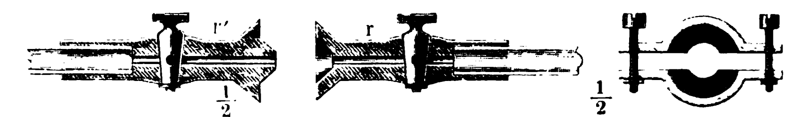


An die capillären Enden der Röhren ab und fg sind zwei kleine stählerne Hähne r und r' angekittet, deren Enden genau in einander passen. Fig. 348, $^1/_2$ nat. Gr., s. f. S., zeigt die Form dieser Stahlstücke. Das Endstück des Hahns r' bildet einen conischen Zapfen, der genau in die conische Höhlung des Endstückes des Hahns r passt. Beide Endstücke werden vor der Vereinigung mit geschmolzenem Kautschuk bestrichen und alsdann durch eine messingene Schraubenklemme, Fig. 349, $^1/_2$ nat. Gr., die im Inneren conisch ausgeschnitten ist, fest an einander gedrückt. Die Pressung ist auf der ganzen Oberfläche der Kegel sehr kräftig, da die innere Höhlung der Messingklemme einen etwas spitzeren Winkel hat als die Kegel der Endstücke der Hähne r' und r.

Die Röhre fg, Fig. 342 und 343, wird durch die Zwenge x, welche inwendig mit Kork ausgekleidet ist, in einer unveränderlichen senkrech-

ten Lage gehalten; die Zwenge lässt sich durch die bewegliche Mutter *s* leicht öffnen oder schliessen, dieselbe ist in einer passenden Lage an dem

Fig. 318. Fig. 319.



Träger ZZ' durch eine Schraube w befestigt. Es ist hierdurch äusserst leicht die Röhre fg an ihren Platz zu bringen oder sie abzumachen.

Will man mittelst dieses Apparates eine Analyse ausführen, so stellt man zunächst den Hahn R so, dass die Röhren ab und cd mit einander communiciren und giesst in cd so lange Quecksilber ein, bis dasselbe durch r ausfliesst; alsdann schliesst man r. Hierauf füllt man die Röhre fg ebenfalls mit Quecksilber an, indem man sie in die Quecksilberwanne V bei geöffnetem Hahn r' eintaucht und durch einen Kautschukschlauch weiter Quecksilber einsaugt, bis dasselbe durch r' auszufliessen beginnt; nunmehr schliesst man den Hahn r', befestigt fg an der Zwenge x, und verkuppelt die Enden der Hähne r und r'.

Hierauf lässt man das zu analysirende Gas in die Röhre fg treten. Zu dem Ende senkt man die Quecksilberwanne V so tief, dass das untere Ende fg nur noch wenige Millimeter unterhalb der Quecksilberoberfläche in der Wanne V steht. Ist das Gas übergeführt, so wird die Wanne V wieder gehoben, die Hähne r' und r geöffnet und Quecksilber durch Oeffnen des Hahns R abgelassen. Das Gas tritt nun aus fg nach ab über. Wenn das Quecksilber in der Capillarröhre fe zu steigen anfängt, verlangsamt man das Ausfliessen desselben durch den Hahn R, so dass es in der Röhre fer' nur sehr langsam aufsteigt und schliesst den Hahn r' in dem Augenblick, in welchem die Quecksilbersäule ein an der horizontalen Röhre er' in geringer Entfernung von dem Hahn r' angebrachtes Merkzeichen σ erreicht hat. Man bringt hierauf das Niveau des Quecksilbers auf einen bestimmten Theilstrich α der Röhre ab und liest sogleich an der Theilung der Röhre cd den Unterschied in der Höhe der beiden Quecksilbersäulen ab. Das Wasser des Cylinders wird vorher wiederholt seiner ganzen Länge nach durch Einblasen von Luft mittelst einer bis auf den Boden reichenden Röhre bewegt. Zu gleicher Zeit beobachtet man den Stand des Barometers und die Temperatur des Wassers.

Ist t die Temperatur des Wassers, welche man während der ganzen Analyse constant hält, f die Spannkraft des Wasserdampfes bei dieser Temperatur, V das Volumen des Gases, H die Barometerhöhe, h endlich der Unterschied der Quecksilberhöhe in beiden Röhren, so ist $H + h - f$ die Elasticität des trockenen Gases.

Es ist praktisch dem Wasser eine Temperatur zu geben, welche von der der Umgebung wenig abweicht; es ist alsdann nicht nothwendig, mit-

telst Rechnung die Barometerhöhe und die des Quecksilbers in dem Manometer *abcd* auf 0° zu bringen. Das in der Messröhre gesammelte Gas ist stets mit Feuchtigkeit gesättigt, weil die Wände der Röhre *ab* stets mit einer kleinen Quantität Wasser benetzt sind; dieselbe bleibt constant, da es nur die Menge ist, welche das Quecksilber beim Aufsteigen, wenn es die Röhre füllt, nicht mitnimmt.

Wenn diese Messung ausgeführt ist, lässt man die Quecksilberwanne *V* nieder und bringt mittelst einer gekrümmten Pipette einen Tropfen concentrirter Kalilauge in die Röhre *fg*. Man giesst nun eine grosse Menge Quecksilber in die Röhre *cd* und öffnet nach und nach die Hähne *r* und *r'*. Das Gas geht nun aus der Röhre *ab* in die Röhre *fg* und die kleine Menge Kalilauge benetzt vollständig die Wand der Röhre. Man schliesst den Hahn *r'*, wenn das Quecksilber aus der Messröhre *ab* in den senkrechten Schenkel *ef* der Röhre *fg* zu steigen beginnt. Man wartet einige Minuten und treibt das Gas wieder zurück, indem man die Wanne *V* hebt und Quecksilber aus dem Hahn *R* ausfliessen lässt. Sobald die Kalilauge in der Röhre *fe* aufzusteigen beginnt, schliesst man den Hahn *r'* und bringt das Gas wieder aus *ab* in die Röhre *fg*. Auf diese Weise wird das Gas mit der Kalilauge allseitig in Berührung gebracht.

Man kann diese Operation, wenn man es für passend hält, noch mehrmals wiederholen; Regnault und Reiset beobachteten indess, dass schon nach der zweiten Operation die Kohlensäure vollständig absorbirt war.

Um nun das Gas nach der Absorption der Kohlensäure zu messen, treibt man das Gas aus *fg* nach *ab* und schliesst den Hahn *r'* in dem Momente, in welchem die Spitze der Kalilauge die Marke σ erreicht. In der Röhre *ab* bringt man das Niveau des Quecksilbers wieder auf α, misst den Höhenunterschied h' des Quecksilbers in den Röhren *ab* und *cd* und notirt den Barometerstand $H_{\prime}$. Sollte die Temperatur des Wassers sich während dieser Zeit geändert haben, so hat man durch Zusatz von warmem oder kaltem Wasser die frühere Temperatur wieder zu erzeugen.

Die Spannkraft des von Kohlensäure befreiten, trockenen Gases ist hiernach:

$$H' + h' - f,$$

folglich drückt

$$(H + h - f) - (H' + h' - f) = H - H' + h - h'$$

die durch Absorption bewirkte Verminderung der Spannkraft aus und

$$\frac{H - H' + h - h'}{H + h - f}$$

stellt die Kohlensäuremenge in dem trocken angenommenen Gase dar.

Um die in dem übrig gebliebenen Gase vorhandene Sauerstoffmenge zu bestimmen, macht man die Röhre *fg* los, wäscht sie mit Wasser, trock-

net mit Fliesspapier und schliesslich mit einer Luftpumpe; man füllt sie mit Quecksilber und verbindet sie alsdann wieder mit dem Apparate. Man hebt die Wanne V so hoch als möglich, öffnet R und lässt Quecksilber aus fg in die Röhre ra fliessen; man schliesst den Hahn r, sobald das Quecksilber eine zweite Marke τ auf dem verticalen Theile ah der Röhre ab erreicht hat. Man bringt das Quecksilber in der Messröhre auf das Niveau α und bestimmt die Niveaudifferenz h'', sowie den Barometerstand H''; die Elasticität dieses Gases ist jetzt

$$H'' + h'' - f.$$

Die Menge dieses Gases ist ein wenig kleiner als die bei der unmittelbar vorhergehenden Messung des kohlensäurefreien Gases erhaltene, weil eine kleine Menge, etwa $^1/_{3000}$, bei dem Abnehmen der Absorptionsröhre verloren geht. Dieser geringe Verlust ist ohne Einfluss auf das Resultat der Analyse, da das Gas von neuem gemessen wird.

Die Bestimmung des Sauerstoffs geschieht durch Verpuffen mit überschüssigem Wasserstoff.

Man lässt nun eine genügende Menge Wasserstoff in die Absorptionsröhre fg eintreten und treibt dieses Gas in die Messröhre ab, wobei man das absteigende Quecksilber an der Marke τ einstellt. Das Niveau des Quecksilbers in der Röhre ab wird wieder auf α gebracht und dann der Unterschied der beiden Quecksilbersäulen h''', sowie der Barometerstand H''' gemessen.

$$H''' + h''' - f$$

ist hiernach die Spannkraft der Mischung von Wasserstoff und dem zu analysirenden Gase. Da die Gase zur vollständigen Mischung einer gewissen Zeit bedürfen, so kann man die Verbrennung durch den elektrischen Funken nicht sogleich bewirken, da man sonst, wie Regnault und Reiset beobachteten, eine ungenaue Analyse erhalten würde. Um die Mischung zu beschleunigen, lässt man das Gas wieder nach fg treten und von da wieder nach ab zurück, wobei man dafür sorgt, dass das Röhrchen rha mit Quecksilber gefüllt ist, damit das ganze Gasvolumen der Verbrennung ausgesetzt ist. Nach der Verpuffung führt man einen Ueberschuss des Druckes in der Messröhre ab herbei, öffnet vorsichtig die Hähne r und r' um die Quecksilbersäule der Röhre ahr bis zur Marke τ zurücktreten zu lassen. Nachdem man nun die Quecksilbersäule in ab wieder auf α eingestellt hat, wird die Elasticität des übrig gebliebenen Gasgemenges gemessen. Dieselbe ist

$$H'''' + h'''' - f,$$

folglich ist

$$(H''' + h''' - f) - (H'''' + h'''' - f) = H''' - H'''' + h''' - h''''$$

die Spannkraft des bei der Verbrennung verschwundenen Gases. Die Spannkraft des Sauerstoffs, welcher in dem trockenen Gasvolumen enthalten war, ist

$$^1/_3\,(H''' - H'''' + h''' - h'''').$$

Die Menge des Sauerstoffs, welche in dem kohlensäurefreien Gasgemenge enthalten war, ist

$$\frac{1}{3}\,\frac{H''' - H'''' + h''' - h''''}{H'' + h'' - f}.$$

Daraus kann man nun leicht die im ursprünglichen Gase enthaltene Sauerstoffmenge ableiten.

Wie man sieht, ist das Verfahren nach Regnault und Reiset äusserst einfach und leicht ausführbar. Man bedarf keiner calibrirten Röhren, da das Volumen des Gases stets dasselbe bleibt und nur der Druck bestimmt wird.

γ. Methode von Frankland und Ward [1]). Diese Methode zeichnet sich vor der vorhergehenden durch grössere Genauigkeit aus. Die Bestimmung der Volumina der Gase geschieht unabhängig vom Druck und der Temperatur der äusseren Luft, dabei ist die Correction für die Tension des Wasserdampfs und für die Veränderungen in dem specifischen Gewicht des Quecksilbers gleich mit einbegriffen; man erhält daher beim Ablesen sogleich das wahre Gasvolumen corrigirt oder doch eine Zahl, aus welcher das wahre Volumen sofort durch eine möglichst einfache Rechnung abgeleitet werden kann. Jede Volumänderung giebt sich durch eine möglichst grosse Zahlendifferenz zu erkennen.

Den Apparat, den Frankland und Ward hierzu construirten, zeigt Fig. 350, $^1/_5$ nat. Gr., s. f. S. Derselbe besteht aus dem dreifüssigen mit Stellschrauben versehenen Gestell *A*, auf welchem die verticale Säule *BB* angebracht ist. Auf der einen Seite von *B* befindet sich die aus Guttapercha gefertigte, mittelst der Winde *aa* bewegliche Quecksilberwanne *C*, auf der anderen Seite der Glascylinder *DD*. Derselbe besitzt etwa 9 dcm Länge und 1 dcm inneren Durchmesser; sein unteres Ende ist in die eiserne Fassung *c* fest eingekittet; die Fassung kann auf die kreisrunde Platte *d* mit Hülfe eines vulcanisirten Kautschukringes vollkommen wasserdicht aufgeschraubt werden. Die Platte *d* ist durch drei Oeffnungen durchbohrt, in welche die Röhrchen *eee* eingeschraubt sind. Die Röhrchen *eee* stehen mit dem Röhrenstück *EE* in Verbindung, welches bei *g* einen einfach durchbohrten Hahn und bei *f* einen doppelt durchbohrten Hahn besitzt, so dass die in den Hülsen *eee* eingekitteten Röhren *F*, *G* und *H* sowohl unter einander als auch mit der Ausflussröhre *h* beliebig in Verbindung gesetzt werden können.

Die Röhren *F*, *G* und *H* haben möglichst gleiche Kaliber und sind von 15 bis 20 mm innerem Durchmesser. Das Rohr *G* ist etwas weiter und ragt hoch aus dem Cylinder *DD* hervor; das Rohr *H* ist der Länge

[1]) Frankland und Ward. Ueber einen verbesserten Apparat zu Gasanalysen. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 88, S. 87. 1853. Auch: On an improved apparatus for the analysis of gases. The quaterl. journ. of the chem. soc. of London. Vol. VI, p. 200. 1854.

Fig. 350.

$\frac{1}{5}$

nach genau in Millimeter getheilt und am oberen Ende mit einem kleinen Trichter *i* versehen, dessen engerer Theil mit einem genau eingeschliffenen Glasstöpsel von etwa 2 mm Durchmesser verschlossen werden kann; die Röhre *F* endet oben in das Haarröhrchen *k*, welches sorgfältig in die Büchse des kleinen stählernen Hahns *l* eingekittet ist. In die Röhre *F* sind bei *m* zwei Platindrähte eingeschmolzen, um einen elektrischen Funken hindurchschlagen lassen zu können. Wenn die Röhre *F* in die Hülse *e* fest eingekittet ist, wird ihr innerer Raum genau in zehn vollkommen gleiche Theile getheilt, was sich ohne Schwierigkeit in der Art ausführen lässt, dass man sie zuerst durch das Zuflussrohr *G* bis zu ihrer Vereinigung mit dem Haarröhrchen mit Quecksilber füllt, dann das Quecksilber durch das Abflussrohr *h* ablaufen lässt bis der höchste Punkt seiner convexen Oberfläche genau bei einem, später als zehnten Theilstrich zu bezeichnenden Strich steht, den man vorher schon so angebracht hat, dass er genau dem Nullpunkt der Millimeterscale auf der Röhre *H* entspricht; das Gewicht des ausgelaufenen Quecksilbers wird genau bestimmt, die Röhre wieder wie vorher gefüllt und in zehn gleiche Theile getheilt, indem man je ein Zehntel der ganzen abgewogenen Quecksilbermenge auslaufen lässt und jedesmal den Stand der höchsten Stelle der convexen Quecksilberoberfläche markirt. Bei Berücksichtigung der geeigneten Vorsichtsmaassregeln hinsichtlich der Temperatur etc. lässt sich auf diese Weise eine sehr genaue Calibrirung erzielen. Die Absorptionsröhre *J* wird durch die Klammer *n* gehalten und steht mit dem Haarröhrchen *k* mittelst der Hähne des Verbindungsstückes *l'pl* ganz in derselben Weise in Verbindung wie dies bei Regnault's Apparat der Fall ist.

Ist der Apparat soweit vorbereitet, so muss die Höhe jedes der neun oberen Theilstriche auf der Röhre *F* über dem untersten oder zehnten Theilstrich bestimmt werden. Dies lässt sich innerhalb weniger Minuten sehr genau ausführen, indem man die Röhre *G* mit Quecksilber füllt, den Hahn *l* und den Verschluss an dem Trichter *i* öffnet und den Hahn *f* so stellt, dass die Röhren *F* und *H* mit dem Zuflussrohr *G* in Verbindung stehen. Dreht man nun den Hahn *g* behutsam, so steigt das Quecksilber langsam in den beiden Röhren *F* und *H*; man lässt so lange Quecksilber zufliessen bis die obere Fläche desselben genau bei dem neunten Theilstrich auf *F* einsteht und liest seinen Stand in *H* ab; da der zehnte Theilstrich auf *F* dem Nullpunkt der Scale auf *H* entspricht, so ist die auf der Theilung abgelesene Zahl gleich der Höhe des neunten Theilstrichs über dem Nullpunkte. In gleicher Weise wird für jeden der anderen Theilstriche auf *F* die Höhe desselben über diesem Nullpunkt oder dem zehnten Theilstriche bestimmt.

Wenn man den Apparat benutzen will, so füllt man zunächst den weiten Cylinder *DD* mit Wasser und befeuchtet ein- für allemal die inneren Wandungen der Röhren *F* und *H* mit Wasser, indem man wenige Tropfen durch den Hahn *l* und den Trichter *i* in die Röhren einbringt.

Alsdann setzt man die Röhren *F*, *G* und *H* mit einander in Verbindung und giesst durch *G* so lange Quecksilber ein, bis es in dem Trichter *i* zum Vorschein kommt; man schliesst die daselbst befindliche Klammer, ebenso verschliesst man den an der Röhre *l* befindlichen Hahn. Die Röhren *F* und *H* sind nun anscheinend vollständig mit Quecksilber gefüllt, aber eine dünne, nicht wahrnehmbare Schicht Luft befindet sich noch zwischen dem Quecksilber und dem Glase; diese wird hinweggeschafft, indem man die Röhren *F* und *H* mit der Ausflussröhre *h* in Verbindung setzt, und soviel Quecksilber ausfliessen lässt, bis ein luftverdünnter Raum von etwa 1 dcm Länge in beiden Röhren entstanden ist. Lässt man den Apparat so etwa eine Stunde stehen, so sammelt sich die in dem Quecksilber enthaltene Luft in dem luftverdünnten Raume an: dieselbe wird durch Eingiessen von Quecksilber in *G* und momentanes Oeffnen des Hahns bei *l* sowie der Klammer bei *i* leicht entfernt. Schliesslich füllt man das Absorptionsrohr *J* mit Quecksilber und befestigt es an der Klammer *n*.

Während des Versuchs muss die Temperatur des Wassers in dem Cylinder *DD* constant erhalten werden; steht eine Wasserleitung zur Disposition, so kann dies einfach dadurch erzielt werden, dass man Wasser beständig auf den Boden des Cylinders mittelst einer Glasröhre leitet und das überflüssige oben wegführt.

Um die Art des Gebrauchs des Apparates zu erläutern, wählen wir die Bestimmung des Sauerstoffs in einem Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff nach Absorption der Kohlensäure.

Nachdem die Kohlensäure absorbirt und das rückständige Gas aus *J* behufs der Messung in die Röhre *F* übergeführt ist, was dadurch geschieht, dass man die Hähne *l'l* öffnet und die Röhre *F* mit der Ausflussröhre *h* in Verbindung setzt, schliesst man den Hahn *l* und dreht den Hahn *f* so, dass er *F* mit *H* verbindet. Hierauf lässt man Quecksilber auslaufen bis ein verdünnter Raum von 5 bis 8 cm Länge in *H* entstanden ist und das Quecksilber in *F* gerade unter einem Theilstrich steht; man dreht den Hahn *f* und lässt Quecksilber aus *G* ganz allmälig zutreten, bis der höchste Punkt der Quecksilberoberfläche in *F* genau bei einem Theilstriche der Röhre einsteht; wir nehmen an, es sei der sechste Theilstrich. Das Einstellen der Quecksilberoberfläche sowie das Ablesen an der Theilung geschieht mittelst eines Kathetometers.

Hierauf bestimmt man die Höhe des Quecksilbers in *H* und subtrahirt von dieser Zahl die Höhe des sechsten Theilstrichs über dem Nullpunkte der Scala auf *H*; die Differenz ergiebt das wahre Volumen des Gases. Um jedoch dieses Volumen mit den folgenden Ablesungen, die bei Einstellung des Quecksilbers auf anderen Theilstrichen auf *F* gemacht wurden, vergleichbar zu machen, wird die erhaltene Zahl, die den dem Gas zukommenden Druck angiebt, auf die reducirt, die sich ergeben würde, wenn das Gas bis auf den zehnten Theilstrich auf *F* ausgedehnt wäre. Da der Druck eines Gases bekanntlich dem Volumen desselben umgekehrt

proportional ist, so lässt sich diese Reduction sehr einfach ausführen, indem man die auf obige Weise erhaltene Zahl mit $^6/_{10}$ multiplicirt; im Allgemeinen wird jede Bestimmung des Druckes, die bei irgend einem Theilstrich auf *F* gemacht ist, auf den Druck derselben Gasmenge, ausgedehnt bis zum zehnten Theilstrich, reducirt, indem man erstere Bestimmung mit einem Bruch multiplicirt, dessen Nenner = 10 und dessen Zähler = der Zahl des Theilstrichs ist, bei welcher die Bestimmung gemacht wurde.

Ein Beispiel möge den Vorgang erläutern:

Volumen eines Gases.

Das Quecksilber steht in *F* bis zum fünften Theilstrich.
Beobachtete Quecksilberhöhe . . . . 673·0 mm
Höhe des fünften Theilstrichs über dem Nullpunkt . . . 383·0 „
Corrigirter Druck des Gases . . . . 290·0 mm
Druck, reducirt für das Volumen bis zum zehnten Theilstrich 290·0 . 0·5 . . . . 145·0 „
Das Volumen des in *F* vorhandenen Gases ist 145·0.

Da die Temperatur während der ganzen Analyse constant erhalten wird, ist keine auf sie bezügliche Correction nöthig, weiter ist keine Beobachtung des Barometerstandes nöthig, da der Druck der Atmosphäre keinen Einfluss auf das Volumen des Gases ausübt; ingleichen ist die Tension des Wasserdampfs nicht in Berechnung zu ziehen, da die Tension desselben in *F* der in *H* genau das Gleichgewicht hält.

Will man z. B. den Sauerstoff in einem Gasgemenge bestimmen, das ausser demselben nur noch Stickstoff enthält, so lässt man Wasserstoff in *J* eintreten, bestimmt das Gasvolumen von neuem, lässt den elektrischen Funken bei *m* durchschlagen und bestimmt schliesslich die durch die Verpuffung verursachte Volumverminderung; den Vorgang erläutert noch folgendes Beispiel:

Volumen nach dem Zusatz von Wasserstoffgas.

Das Quecksilber steht in *F* bis zum sechsten Theilstrich.
Beobachtete Quecksilberhöhe in *H* . . . . 772·3 mm
Höhe des sechsten Theilstrichs über dem Nullpunkt . . 304·0 „
Corrigirter Druck des Gases . . . . 468·3 mm
Druck, reducirt für das Volumen bis zum zehnten Theilstrich = 468·3 . 0·6 . . . . 280·98 „

Nach der Verpuffung ist das Volumen in *F* beim fünften Theilstrich bestimmt:

Beobachtete Quecksilberhöhe in H	763·3 mm
Höhe des fünften Theilstrichs über dem Nullpunkt . . .	383·0 „
Corrigirter Druck des Gases	380·3 mm
Druck, reducirt für das Volumen bis zum zehnten Theilstrich = 380·3 . 0·5	190·15 „

Demnach Volumen des Sauerstoffs

$$= \frac{280{\cdot}98 - 190{\cdot}15}{3} = 30{\cdot}276$$

h. Bestimmung der Spannung eines Gases. Wenn es sich darum handelt, die Spannung eines Gases in einem Gasgemenge zu ermitteln, so muss der Procentgehalt des Gasgemenges an diesem Gase bekannt sein, da man nur dann den Antheil desselben an dem gemeinsamen Drucke ableiten kann. Man pflegt die Spannung eines Gases durch die Höhe einer Quecksilbersäule auszudrücken, welche dieser das Gleichgewicht hält. Besteht z. B. ein Gasgemenge aus Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure und ist der Procentgehalt des Gasgemenges an Sauerstoff = x, so ist die Spannung des Sauerstoffs bei 760 mm Quecksilberdruck = x . 7·6.

Zur Erläuterung führen wir als Beispiel die Berechnung der Sauerstoffspannung in einem Gasgemenge an, das wir Wolffberg's [1] Abhandlung über die Spannung der Blutgase entnehmen:

	Volumen in cbcm.	Temperatur in °C.	Quecksilberdruck in cm.	Reducirtes Volumen auf 0° und 1 m Druck.
Vor Zusatz von Wasserstoff	11·0904	18·8	31·798	3·299
Nach Zusatz von Wasserstoff	22·7144	19·5	46·174	9·789
Nach der Verpuffung	22·2355	19·6	45·654	9·472

Der Sauerstoffgehalt des Gasgemenges ist

$$= \frac{0{\cdot}317}{3} = 0{\cdot}1056;$$

100 Theile Gas enthalten 3·2 Proc. Sauerstoff. Die Sauerstoffspannung ist daher = 3·2 . 7·6 = 24·32 mm.

Als Ausdruck für die Spannung eines Gases geben manche Forscher einfach auch nur den Procentgehalt des Gasgemenges an diesem Gase an; so sind z. B. in der Abhandlung Strassburg's [2] über die Span-

[1] Wolffberg. Ueber die Spannung der Blutgase in den Lungencapillaren. Pflüger. Arch. Jahrg. 4, S. 473. 1871.

[2] Strassburg. Die Topographie der Gasspannungen im thierischen Organismus Pflüger. Arch. Bd. 6, S. 96. 1872.

nungen der Gase im thierischen Organismus die Spannungen der Kohlensäure und des Sauerstoffs nur in procentischen Werthen ausgedrückt. Nach unserer Ansicht würde es sich jedoch empfehlen behufs leichterer Vergleichung mit anderen Arbeiten die erhaltenen Werthe in Quecksilber umzurechnen.

8. Der Nachweis von Ammoniak.

Wenn die Aufgabe gegeben ist, Blut auf Ammoniak zu untersuchen, so bedient man sich zu dessen Nachweis nur solcher Reagentien, mittelst deren Spuren erkannt werden können; nämlich befeuchteten rothen Lackmuspapiers oder Curcumapapiers oder Hämatoxylinpapiers oder des Nessler'schen Reagens.

Das rothe Lackmuspapier und ebenso das Curcumapapier zeigt einigermaassen geringe Spuren von Ammoniak nicht an, weshalb man von ihrer Anwendung in solchen Fällen absieht.

Sehr empfindlich dagegen ist das von Chevreul [1]) entdeckte und von Erdmann [2]) empfohlene Hämatoxylin, welches nach dem Vorgange von Reuling [3]) meist in der Form des Hämatoxylinpapiers gebraucht wird. Man bereitet sich dasselbe am besten in der Weise, dass man Blauholz mit Weingeist extrahirt, den Alkohol verjagt und den Rückstand in Aether löst. In dieser gelb gefärbten Lösung werden Streifen von Briefpapier getaucht und diese so schnell als möglich in ammoniakfreier Atmosphäre getrocknet und in wohl verschlossenen Gefässen aufbewahrt. Das so bereitete Papier ist schwach gelb gefärbt; dasselbe ist, damit es sich nicht ändert, trocken aufzubewahren.

Weitaus am empfindlichsten ist das Reagens von Nessler [4]). Dasselbe besteht aus einer Mischung von Kaliumjodid, Mercurijodid und Kalilauge. Man bereitet sich dasselbe, indem man 20 g Kaliumjodid in 50 cbcm Wasser löst und so lange Mercurijodid zusetzt, bis ein Theil ungelöst bleibt. Man verdünnt die Mischung mit 200 cbcm Wasser, lässt einige Zeit stehen, filtrirt und versetzt 2 Thle. des Filtrates mit 3 Thln. concentrirter Kalilauge. Diese Flüssigkeit ist so empfindlich, dass 0·0000005 g Ammoniak mittelst derselben noch nachgewiesen werden können.

---

[1]) Chevreul. Recherches chimiques sur le bois de Campêche et sur la nature de son principe colorant. Annal. du muséum d'hist. nat. T. 17, p. 280. 1811.

[2]) Erdmann. Ueber das Hämatoxylin. Journ. für prakt. Chem. Bd. 26, S. 197. 1842.

[3]) Reuling. Ueber den Ammoniakgehalt der exspirirten Luft und sein Verhalten in Krankheiten, mit besonderer Rücksicht auf Urämie, S. 10. 1854.

[4]) Nessler. Ueber das Verhalten des Jodquecksilbers und der Quecksilberverbindungen überhaupt zu Ammoniak und über eine neue Reaction auf Ammoniak, S. 27. 1856.

Bei manchen Versuchen, z. B. wenn man mit Blut operirt, das schon einige Zeit gestanden, kann es sich ereignen, dass das Nessler'sche Reagens zu empfindlich ist. In solchem Falle bedient man sich des rothen Lackmuspapiers, wie es z. B. Exner [1]) bei seinen Untersuchungen über Ammoniakentwickelung aus faulendem Blute that.

Das Verfahren von Petroff [2]), das auf Ammoniak zu untersuchende Blut mit Alkohol zu mischen, die Mischung zu destilliren, das Destillat in Salzsäure aufzufangen, durch Zusatz von Platinichlorid in Ammoniumplatinichlorid überzuführen und daraus das bei der Destillation erhaltene Ammoniak zu berechnen, giebt wegen der dabei nothwendig stattfindenden Zersetzung des Hämoglobins ungenaue Resultate.

Um das Ammoniak im Blute nachzuweisen, kann man sich verschiedener Methoden bedienen. Entweder man verfährt nach der Methode von Thiry, oder man sucht das Ammoniak durch Einleiten von Wasserstoff auszutreiben, wie dies z. B. Zabelin, Kühne und Strauch und Bichlmayr thaten, oder man bedient sich der Methode von Brücke.

a. Methode von Thiry [3]). Das von diesem Forscher geübte Verfahren besteht darin, dass man das Blut, das auf Ammoniak geprüft werden soll, in einer geschlossenen Röhrenleitung direct aus der Ader in einen Apparat leitet, der vorher auf das sorgfältigste von Ammoniak befreit ist. Dieser Apparat besteht aus einem geräumigen Glaskolben *A*, Fig. 351, $^{1}/_{10}$ nat. Gr., der mit einem dreifach durchbohrten Korke verschlossen ist. In den Durchbohrungen des Korkes sind drei rechtwinklig gebogene Glasröhren *B*, *C* und *D* eingesteckt, von denen *B* und *C* bis nahe an den Boden des Kolbens gehen, *D* aber gleich oben am Korke endigt. Die Röhre *D* steht mit einem Kölbchen *E* in Verbindung, in welches zwei Glasröhren luftdicht eingefügt sind, von denen die dem Kolben *A* zugekehrte weiter herabragt, als die andere. An dieser kurzen Röhre ist ein U-förmiges Rohr *F* angefügt, welches mit einer Luftpumpe in Verbindung gebracht wird. Werden die Glasröhren *C* und *B* durch Kautschukschläuche mit Klemmen verschlossen, so kann in dem ganzen Apparate von der Luftpumpe aus ein luftverdünnter Raum erzeugt und eine in dem Kolben *A* befindliche Flüssigkeit bei den verschiedensten willkürlich gewählten Temperaturen ins Kochen gebracht werden. Um die Luft im Apparate durch neue zu ersetzen, ist die Glasröhre *C* mit einer weiten an beiden Seiten ausgezogenen Glasröhre *G* durch einen Kautschukschlauch verbunden. *G* ist mit Glasperlen gefüllt, welche mit

---

[1]) Exner. Ueber Ammoniakentwickelung aus faulendem Blute. Sitzungsb. der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 6., 2. Abth, S. 365. 1870.

[2]) Petroff. Zur Lehre von der Urämie. Virchow's Arch. Bd. 25, S. 95. 1862.

[3]) Thiry. Ueber den Ammoniakgehalt des Blutes, des Harns und der Exspirationsluft. Zeitschr. für ration. Med. III. R. Bd. 17, S. 172. 1863.

concentrirter Schwefelsäure befeuchtet sind. Alle Luft, welche in den Apparat tritt, muss daher vorher durch dieses Rohr streichen, wobei sie durch die Schwefelsäure vollständig von Ammoniak befreit wird.

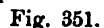
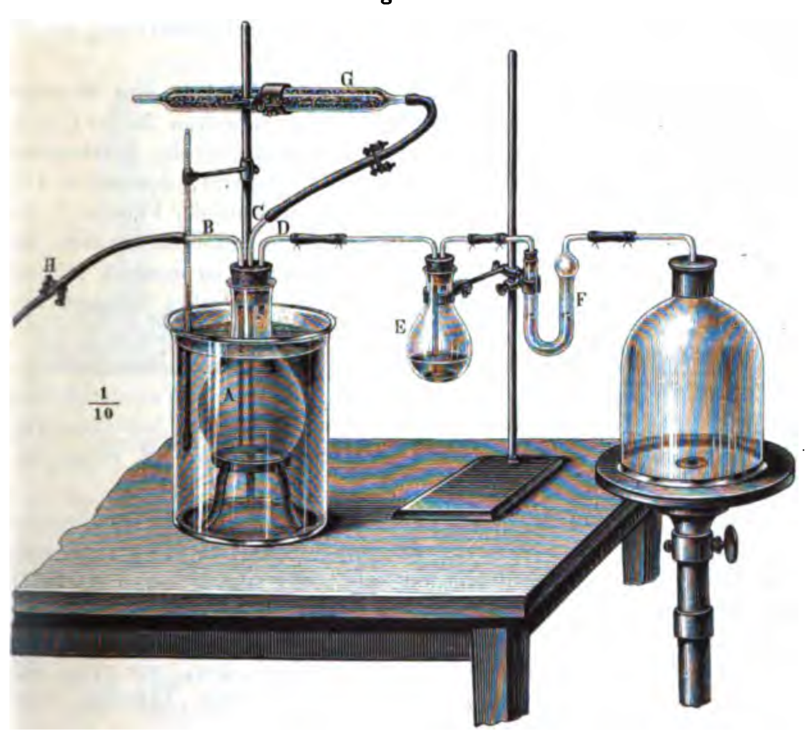


Fig. 351.



Bei Beginn der Untersuchung des Blutes auf Ammoniak bringt man zunächst in die U-förmige Röhre *F* Nessler'sches Reagens, bindet alsdann in das Blutgefäss des Thieres eine Kanüle ein, füllt den daran befestigten Schlauch mit Wasser, verbindet denselben mit der Röhre *B* und legt eine Klemme an. Hierauf verschliesst man den Schlauch *C*, bringt das Gefäss *A* auf eine bestimmte Temperatur und pumpt *A*, *E* und *F* aus. Oeffnet man nun die Klemme an der Kanüle sowie die Klemme *H*, so strömt das Blut nicht allein durch seinen eigenen Druck, sondern auch durch den luftverdünnten Raum des Apparates aspirirt in diesen ein. Sobald eine genügende Menge Blut, 100 bis 200 cbcm, in *A* eingeflossen ist, wird *H* geschlossen. Während des Einströmens schäumt das Blut auf, die Gase desselben entweichen und treten theilweise durch das Nessler'sche Reagens in *F*. Sieht man kein Gas mehr durch *F* treten, so öffnet man die Klemme bei *G*; die eintretende Luft treibt die

Blutgase und das etwa in *A* und *E* vorhandene Ammoniak durch das U-förmige Rohr *F* in die Glocke der Luftpumpe und das Ammoniak wird vollständig zur Absorption gebracht.

Thiry fand, dass normales Blut vom Hunde bei 35 bis 40° C. kein Ammoniak abgiebt, bei einer Temperatur dagegen von 50° C. zeigten sich die ersten Spuren einer Ammoniakreaction; bei Erwärmung auf 60 bis 70° C. trat deutliche Ammoniakreaction auf.

b. Gewinnung des Ammoniaks durch Einleiten von Wasserstoffgas. Bei Anwendung dieser Methode, die von Zabelin [1], Kühne und Strauch [2]) und Bichlmayr [3]) geübt wurde, benutzt man zweckmässig den von Bertuch angegebenen Apparat, den wir S. 405 beschrieben und abgebildet haben, nur dass man statt der Flasche *A*, die nur zwei Glasröhren enthält, eine Flasche mit drei Röhren benutzt, wie es Thiry that und aus der Fig. 351, $^1/_{10}$ nat. Gr., zu ersehen ist, und statt der Kalilauge oder des Kalkwassers Nessler'sches Reagens verwendet.

Wenn man mittelst dieser Methode Blut auf Ammoniak untersuchen will, so füllt man sämmtliche Theile des Apparates mit Wasserstoff, lässt das Blut direct aus der Ader in die mit drei Glasröhren versehene Flasche eintreten und defibrinirt es dort durch Schütteln mit vorher eingebrachten Glasstückchen.

Zweckmässig schaltet man zwischen dem Gefässe, welches das Blut enthält, und der Flasche, durch welche das Gas gewaschen wird, eine Vorlage mit Silbernitratlösung ein, wie es sich auch empfiehlt, statt der mit Kork oder Kautschukpfröpfen versehenen Flaschen Gefässe anzuwenden, die mit Glasverschlüssen versehen sind, in welche zu- und abführende Glasröhren eingeschmolzen sind, wie Fig. 352, $^1/_6$ nat. Gr., versinnlicht. Diese Einrichtung der Flaschen rührt von Drechsel [4]) her.

Das Resultat, das oben genannte Forscher mittelst dieser Methode erzielten, war mit dem Thiry's übereinstimmend, dass nämlich im frischen normalen Blute bei 30 bis 40° C. kein Ammoniak nachzuweisen ist.

Wir glauben erwähnen zu sollen, dass es uns mehrmals gelang, im Blute Eklamptischer mittelst eben geschilderter Methode den Nachweis

---

[1]) Zabelin. Ueber die Bildung von salpetrigsaurem Ammoniak aus Wasser und Stickstoff und über den Nachweis von Ammoniak im Blute, im Harn und der Exspirationsluft. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 130, S. 84. 1864.

[2]) Kühne und Strauch. Ueber das Vorkommen von Ammoniak im Blute. Centralbl. für die medicin. Wissensch. Jahrg. II. S. 561. 1864.

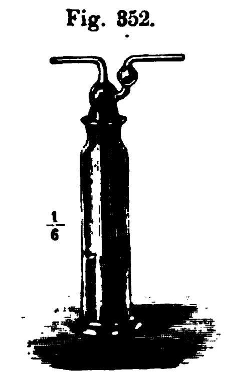
[3]) Bichlmayr. Ueber das Vorkommen von Ammoniak im Blute. Zeitschr. für Biologie Bd. I. S. 384. 1865.

[4]) Drechsel. Neue Waschflasche. Journ. für prakt. Chem. N. F. Bd. 16, S. 479. 1876.

von Ammoniak zu führen. Einen diesbezüglichen Fall theilte Spiegelberg [1]) mit.

c. **Methode von Brücke** [2]). Man nimmt eine flache Glasdose mit aufgeschmirgeltem Deckel und klebt an die innere Seite des letzteren mittelst Wachs ein Bruchstück einer Porcellanschale. Man benetzt das Porcellanstück mit sehr verdünnter Schwefelsäure, nachdem man sich überzeugt hat, dass dieselbe mit dem Nessler'schen Reagens keine Spur von Ammoniakreaction giebt. Statt der Schwefelsäure kann man auch Lösungen von Weinsäure oder Oxalsäure benutzen. Hierauf lässt man Blut direct aus der Ader des Thieres in die Dose fliessen, setzt den Deckel auf und beschmiert behufs besseren Verschlusses den Rand mit Oel. Lässt man nun die Dose bei 18 bis 20° C. eine Stunde etwa stehen, hebt alsdann den Deckel ab und tröpfelt auf das Porcellanstück Nessler'sches Reagens, so giebt sich die Anwesenheit des Ammoniaks durch die Farbenreaction zu erkennen.

Fig. 352.



Brücke fand auf diese Weise, dass Hundeblut und Kaninchenblut direct aus der Ader des Thieres in der Dose aufgefangen im Laufe einer Stunde Ammoniakreaction geben. Hundeblut gab mehr Ammoniak ab als Kaninchenblut.

Bei dem Verdünnen der Säuren mit Wasser wolle man sich erinnern, dass das in gewöhnlicher Weise bereitete destillirte Wasser mehr Ammoniak enthält, als gutes Brunnenwasser; man bedient sich deshalb bei der Verdünnung besser des letzteren. Vollständig ammoniakfreies Wasser erhält man durch Destillation einer mässig concentrirten Lösung von Weinsäure.

9. Der Nachweis von Gallensäuren.

Bei dem Nachweise von Gallensäuren im Blute entfernt man zunächst die Eiweisskörper durch Aufkochen, dann fertigt man sich ein alkoholisches Extract aus dem Filtrate, verjagt den Alkohol und löst den Rückstand in Wasser. Hierauf fällt man mit Bleiessig und Ammoniak, so lange ein Niederschlag entsteht, sammelt denselben auf einem Filter und wäscht

[1]) Spiegelberg. Ein Beitrag zur Lehre von der Eklampsie. Arch. für Gynaekol. Bd. I, S. 385. 1870.

[2]) Brücke. Ueber das Aufsuchen von Ammoniak in thierischen Flüssigkeiten und über das Verhalten desselben in einigen seiner Verbindungen. Sitzungsber. der mathemath.-naturw. Classe der kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 57, 2. Abth., S. 20. 1868.

mit Wasser gut aus. Der Niederschlag wird getrocknet, mit Alkohol gekocht, um die Bleiglykocholate in Lösung zu bringen, abermals filtrirt und unter Zusatz von Natriumcarbonat eingedampft. Auf diese Weise bildet sich Bleicarbonat und Natriumglykocholat, das durch Alkohol extrahirt und nach Verjagen des Alkohols in Wasser gelöst wird. Diese Methode der Darstellung rührt von Neukomm [1]) her.

Mit der wässerigen Lösung stellt man die Pettenkofer'sche [2]) Reaction an. Dieselbe besteht darin, dass man einige Tropfen einer Rohrzuckerlösung und dann allmälig unter Vermeidung allzugrosser Erwärmung concentrirte Schwefelsäure zu der zu untersuchenden Flüssigkeit zufügt. Sind Gallensäuren vorhanden, so entsteht eine rothe Farbe, die schliesslich in prachtvolles Violett übergeht. Neukomm hat diese Methode dahin modificirt, dass er einen Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit in eine Porcellanschale bringt, einen Tropfen der Zuckerlösung zugiesst und weiter einen Tropfen Schwefelsäure, die im Verhältniss von 1 Thl. Säure zu 4 Thln. Wasser verdünnt ist, zufügt. Das Ganze wird gemischt, in dünner Schicht ausgebreitet und vorsichtig erwärmt. Man bekommt auf diese Weise da, wo die Flüssigkeit abzudunsten anfängt, noch bei der geringsten Spur von Gallensäure eine violette Färbung. Diese Färbung tritt auch beim Abdunsten auf dem Wasserbade ein, und sogar, wie Bischoff [3]) beobachtete, wenn die Gallensäuren rein sind, unter der Luftpumpe.

Die Gallensäuren drehen die Polarisationsebene nach rechts. Das specifische Drehungsvermögen der Taurocholsäure ist $= + 25{\cdot}28^0$ für gelbes Licht, das der Glykocholsäure $= + 29{\cdot}93^0$, wie Hoppe-Seyler [4]) ermittelte.

10. Nachweis von Gallenfarbstoffen.

Zu der Untersuchung des Blutes auf Gallenfarbstoffe benutzt man entweder das Gesammtblut oder nur das Serum. In ersterem Falle dampft man das Blut nach Frerichs [5]) auf dem Wasserbade zur Trockene ein, zieht mit Alkohol aus, filtrirt, verjagt den Alkohol, löst den Rückstand

[1]) Neukomm. Ueber die Nachweisung der Gallensäuren und die Umwandlung derselben in der Blutbahn. Arch. für Anatom., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1860, S. 368. 1860. Auch: Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 116, S. 36. 1860.

[2]) Pettenkofer. Notiz über eine neue Reaction auf Galle und Zucker. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 52, S. 90. 1844.

[3]) Bischoff. Ueber den Nachweis der Gallensäuren mittelst der Pettenkofer'schen Probe und über das Vorkommen dieser Säuren im ikterischen Harn. Zeitschr. für ration. Med. III. R, Bd. 21, S. 130. 1864.

[4]) Hoppe. Ueber die circumpolarisirende Eigenschaft der Gallensubstanzen und ihrer Zersetzungsproducte. Virchow's Arch. Bd. 15, S. 132. 1858.

[5]) Frerichs. Klinik der Leberkrankheiten Bd. I, S. 102. 1858.

in Wasser und prüft auf Gallenfarbstoffe, in letzterem Falle verdünnt man das Serum nur etwas mit Wasser und stellt sofort die Reaction auf Gallenfarbstoffe an.

Unter den Reactionen auf Gallenfarbstoffe nimmt die sogenannte Gmelin'sche [1]) die hervorragendste Stelle ein. Versetzt man nämlich eine Gallenfarbstoff enthaltende Flüssigkeit mit Salpetersäure, welche, wie Heintz [2]) nachgewiesen hat, salpetrige Säure enthalten muss, so färbt sich die Flüssigkeit erst grün, dann blau, dann violett und schliesslich roth. Diese Farben kann man bei vorsichtigem Zusatz der Salpetersäure zu der Flüssigkeit in über einander gelagerten Schichten erhalten. Dabei verfährt man entweder nach der Vorschrift Brücke's oder Kühne's.

a. **Verfahren nach Brücke** [3]). Man versetzt die zu untersuchende Flüssigkeit zunächst mit reiner verdünnter Salpetersäure und lässt dann concentrirte Schwefelsäure zufliessen, diese senkt sich zu Boden und leitet von unten her den Zersetzungsprocess ein, so dass man gleichzeitig sämmtliche Farben in über einander gelagerten Schichten sieht. Statt der Salpetersäure empfiehlt Fleischl [4]) eine concentrirte Lösung von Natriumnitrat.

b. **Verfahren nach Kühne** [5]). Man bringt in ein Reagensglas eine 2 bis 3 cm hohe Schicht Salpetersäure und lässt mittelst einer Pipette die zu prüfende Flüssigkeit an den Wänden des Glases so herablaufen, dass sie sich kaum mit der Säure vermischen kann. Man sieht dann an der Berührungsstelle beider Flüssigkeiten die charakteristischen Farben als schöne Ringe auftreten. So angestellt gewinnt die Reaction eine ausserordentliche Feinheit und die geringsten Mengen von Gallenfarbstoff können mit Leichtigkeit entdeckt werden. Die zu der Probe verwandte Salpetersäure darf nur sehr wenig salpetrige Säure enthalten, da ein Ueberschuss der letzteren die Farbe wieder zerstört. Solche, nur wenig salpetrige Säure enthaltende Salpetersäure gewinnt man durch Aussetzen reiner Salpetersäure dem Sonnenlichte. Prüft man das Serum direct mit obiger Salpetersäure auf Gallenfarbstoffe, ein Verfahren, dessen sich 1824 schon Tiedemann und Gmelin [6]) bedienten, so entsteht bei Zusatz der Säure ein Albumincoagulum, das einen grossen Theil

---

[1]) Tiedemann und Gmelin. Die Verdauung nach Versuchen. Bd. 1, S. 80. 1826.

[2]) Heintz. Notiz über die Salpetersäure als Reagens auf Gallensäure. Arch. für Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1846, S. 404. 1846.

[3]) Brücke. Ueber Gallenfarbstoffe und ihre Auffindung. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akadem. der Wissensch. Bd. 35, S. 14. 1859.

[4]) Fleischl. Modification der Gallenfarbstoffprobe. Centralbl. für die medicin. Wissensch. 13. Jahrg. S. 561. 1875.

[5]) Kühne. Beiträge zur Lehre vom Icterus. Virchow's Arch. Bd. 14, S. 332. 1858.

[6]) Tiedemann und Gmelin. Die Verdauung nach Versuchen. Bd. 1, Vorwort S. 11. 1826.

des Pigmentes mit sich niederreisst, jedoch das Auftreten des Farbenspiels nicht stört. Ist das Serum durch aufgelöstes Hämoglobin gefärbt, so kann die directe Prüfung auf Gallenfarbstoffe nicht geschehen. Zweckmässig schlägt man dann das oben geschilderte Verfahren von Frerichs ein.

11. Der Nachweis von Milchsäure.

Nach einer Angabe von Berzelius [1]) soll sich Milchsäure im normalen Blute finden. Spätere Untersucher jedoch, z. B. Enderlin [2]), konnten die Existenz derselben nicht darthun; dagegen fand dieselbe Scherer [3]) im Blute Leukämischer, eine Beobachtung, die von Salkowski [4]) und Salomon [5]) bestätigt wurde. In jüngster Zeit wies Spiro [6]) nach, dass nach angestrengter Muskelthätigkeit im Blute Fleischmilchsäure in nicht unbeträchtlicher Menge vorhanden ist.

Um Milchsäure im Blute zu finden, ist es zunächst nöthig, die Eiweisskörper zu entfernen. Zu dem Ende trägt man das zu untersuchende Blut, je mehr man hiervon verwendet, desto besser ist es, in kochendes Wasser ein, filtrirt nach vollständiger Coagulation, fällt mit Barytwasser aus und dampft zum Syrup ein. Man vermischt denselben mit etwas verdünnter Schwefelsäure und versetzt dieses Gemisch mit dem drei- bis vierfachen Volumen Alkohol. Durch den Zusatz von Alkohol wird das Kaliumsulphat gefällt, die Milchsäure bleibt in Auflösung. Man vermischt nun die Flüssigkeit mit Aether bis durch einen neuen Zusatz keine Trübung mehr entsteht, scheidet die Lösung von dem Absatz durch Filtration, destillirt den Aether und Alkohol ab und dampft auf dem Wasserbade zur Syrupconsistenz ein. Diesen Syrup behandelt man aufs neue mit einer Mischung von Alkohol und Aether, wodurch die Milchsäure vollständig ausgezogen wird. Der Aether wird durch Verdunstung entfernt und der Rückstand mit Kalkmilch gemischt und gekocht. Nach dem Filtriren engt man die Lösung ein und lässt an einem warmen Orte zur Krystallisation stehen. Ist Milchsäure vorhanden, so findet man die-

[1]) Berzelius. Ueberblick über die Zusammensetzung der thierischen Flüssigkeiten. Schweigger. Journ. für Chem. und Phys. Bd. X, S. 147. Anmerkung. 1814.

[2]) Enderlin. Ueber die milchsauren Salze im Blute. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 46, S. 171. 1843.

[3]) Scherer. Untersuchung des Blutes bei Leukämie. Verhandl. der physik.-med. Gesellsch. in Würzburg. Bd. 2, S. 325. 1852. und Bd. 7, S. 125. 1857.

[4]) Salkowski. Beiträge zur Kenntniss der Leukämie. Virchow's Arch. Bd. 50, S. 208. 1870.

[5]) Salomon. Beiträge zur Lehre von der Leukämie. Arch. für Anat. Physiol. und wissensch. Medicin. Jahrg. 1876, S. 765. 1876.

[6]) Spiro. Beiträge zur Physiologie der Milchsäure. Zeitschr. für physiol. Chem. Bd. 1, S. 117. 1877.

selbe in Krystallen als Calciumlaktat ausgeschieden. Die Krystalle bestehen aus kleinen Nadeln, die in Büscheln concentrisch gruppirt sind. Diese Methode der Nachweisung der Milchsäure rührt von Liebig [1]) her.

Statt der Kalkmilch kann man auch Zinkcarbonat zu der alkoholischen Flüssigkeit setzen. Man erhält dann Zinklaktat, das sich aus concentrirten Lösungen in krystallinischen Krusten, aus verdünnten in feinen spiessigen, doch stets eng zusammenhängenden Krystallen ausscheidet.

Ist zu untersuchen, ob die gewonnenen Salze Laktate oder Paralaktate [2]) darstellen, so ist der Krystallwassergehalt und die Löslichkeit derselben festzustellen. Nach den Untersuchungen von Engelhardt enthält das Calciumlaktat 29·22 Proc., das Zinklaktat 18·18 Proc. Wasser; die Paralaktate enthalten weniger Wasser, nämlich das Calciumparalaktat nur 24·83 Proc. und das Zinkparalaktat nur 12·90 Proc. Wasser.

12. Der Nachweis von Tyrosin [3]).

Das Blut, das auf Tyrosin untersucht werden soll, wird in kochendes Wasser eingetragen, von Albumin befreit und alsdann filtrirt. Das Filtrat wird auf ein Drittel seines Volumens auf dem Wasserbade eingedampft, mit Bleiessig gefällt, filtrirt, durch Einleiten von Schwefelwasserstoff entbleit, abermals filtrirt, auf dem Wasserbade eingeengt und

---

[1]) Liebig. Ueber die Bestandtheile der Flüssigkeiten des Fleisches. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 62, S. 327. 1847.

[2]) Die Fleischmilchsäure wurde von Engelhardt entdeckt. Er nannte sie a-Milchsäure zum Unterschiede von der Gährungsmilchsäure, die er als b-Milchsäure bezeichnet. Engelhardt. Ueber die Verschiedenheit der durch Gährung aus dem Zucker erzeugten und der in der Fleischflüssigkeit enthaltenen Milchsäure. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 65, S. 359. 1848. Der Name Paramilchsäure rührt von Heintz her. Heintz. Notiz über die Milchsäure des Muskelfleisches. Poggendorff's Annal. Bd. 75, S. 397. 1848. Die Gährungsmilchsäure bezeichnet man auch als Aethyliden-, die Fleischmilchsäure als Aethylenmilchsäure, nachdem Wislicenus künstlich ihre Synthesen dargethan. Wislicenus. Studien zur Geschichte der Milchsäure und ihrer Homologen. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 128, S. 1. 1863. Fortgesetzte Studien über die Fleischmilchsäure ergaben Wislicenus das Resultat, dass die Fleischmilchsäure ein Gemisch zweier verschiedener Säuren ist, von welcher die eine, die Hauptmenge bildende, die Schwingungsebene des polarisirten Lichtstrahls nach rechts dreht und gut krystallisirende Salze bildet, während die der zweiten, in weit geringerer Menge auftretende Säure nur ein sehr geringes Krystallisationsvermögen besitzt. Für die erstere, die optisch-active Fleischmilchsäure behält Wislicenus den Namen Paramilchsäure bei. Wislicenus. Ueber die optisch-active Milchsäure der Fleischflüssigkeit, die Paramilchsäure Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 167, S. 304. 1873.

[3]) Das Tyrosin wurde 1846 von Liebig entdeckt. Liebig. Baldriansäure und ein neuer Körper aus Käsestoff. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 57, S. 127. 1846. Derselbe: Ueber die Bestandtheile der Flüssigkeiten des Fleisches. Ibid. Bd. 62, S. 269. 1847.

der Krystallisation überlassen. Ist Tyrosin zugegen, so scheidet sich dasselbe in concentrisch gruppirten feinen Nadeln aus.

Um die Krystalle gesondert zu erhalten, kocht man den Rückstand mit kochendem Alkohol, wobei der grösste Theil der Extractivstoffe in Lösung übergeht, das Tyrosin aber als unlöslich in Alkohol zurückbleibt. Man nimmt den Rückstand in möglichst wenig heissem Wasser auf und lässt ihn krystallisiren. Diese Methode der Darstellung ist von Frerichs und Städeler [1]) angegeben. Die chemische Natur der ausgeschiedenen Krystalle wird durch die Piria'sche oder die Hoffmann'sche Reaction erwiesen.

a. **Die Piria'sche [2]) Reaction** besteht darin, dass man etwas Tyrosin auf einem Uhrschälchen mit einem oder zwei Tropfen Schwefelsäure befeuchtet, das Glas zugedeckt eine halbe Stunde stehen lässt, wobei sich Tyrosinschwefelsäure bildet, die Mischung mit Wasser verdünnt, die Säure mit etwas Baryumcarbonat in der Hitze sättigt und alsdann filtrirt. Setzt man zu dem Filtrate einige Tropfen einer Ferrichloridlösung, welche keine freie Säure enthält, so zeigt sich sogleich eine sehr reiche violette Färbung. Die Reaction gelingt bei Anwesenheit von ganz wenig Tyrosin.

b. **Die Hoffmann'sche [3]) Reaction** beruht auf der Eigenschaft des Tyrosins durch Mercurinitrat bei Gegenwart einer geringen Menge salpetriger Säure in der Siedehitze eine intensiv rothe Färbung zu geben. Die Gegenwart von salpetriger Säure ist, wie L. Meyer [4]) nachgewiesen, absolut nöthig; denn fehlt diese, so entsteht nur ein gelblich weisser Niederschlag, der auch bei längerem Kochen seine Farbe nicht verändert. Ein Ueberschuss von salpetriger Säure ist zu vermeiden, da die Reaction sonst gestört wird; ein Ueberschuss des Quecksilbersalzes dagegen wirkt nicht hemmend. Die Probe ist ausserordentlich empfindlich. 1 Thl. Tyrosin in 930 Thln. Wasser gelöst giebt bei obiger Behandlung selbst bei mehrfachem Verdünnen mit Wasser noch eine entschieden rosenrothe Farbe.

13. Der Nachweis von Leucin [5]).

Zum Nachweis von Leucin verwendet man die Mutterlauge, aus der das Tyrosin, wie oben erörtert, zur Ausscheidung gebracht wurde, sowie

---

[1]) Frerichs und Städeler. Ueber das Vorkommen von Leucin und Tyrosin in der menschlichen Leber. Mitth. der naturforschenden Gesellsch. in Zürich. Bd. 3, S. 447. 1853 bis 1855. Auch Arch. für Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1854, S. 383. 1854.

[2]) Piria. Notiz über das Tyrosin. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 82. S. 252. 1852.

[3]) Hoffmann. Reaction auf Leucin und Tyrosin. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 87, S. 123. 1853.

[4]) L. Meyer. Ueber die Hoffmann'sche Reaction auf Tyrosin. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 132, S. 156. 1864.

[5]) Das Leucin wurde 1820 von Braconnot zuerst dargestellt. Braconnot.

den Alkohol, den man zur Reinigung der Tyrosinkrystalle verwandte. Man verjagt den Alkohol, löst den Rückstand in Wasser und vereinigt ihn mit der Mutterlauge. Ist Leucin vorhanden, so scheidet sich dasselbe nach einigen Tagen in körnigen Massen aus, die aus mikroskopischen Kugeln bestehen, an denen manchmal feine Spitzen zu erkennen sind, deren Aussehen aber häufig mehr an das von kugeligen Fettzellen erinnert.

Das Leucin ist leicht löslich in Wasser, schwieriger in Alkohol, unlöslich in Aether. Auf dem Platinblech mit Salpetersäure vorsichtig abgedampft, bleibt ein ungefärbter, fast nicht zu sehender Rückstand. Fügt man zu diesem Rückstande einige Tropfen Natronlauge und erwärmt, so löst sich, wie Scherer [1]) beobachtete, derselbe zu einer klaren Flüssigkeit.

Dampft man diese vorsichtig ein, so verwandelt sich dieselbe in einen ölartigen Tropfen, der das heisse Platinblech nicht benetzt, sondern adhäsionslos darauf herumrollt. Diese Erscheinung ist so charakteristisch, dass selbst, wenn das Leucin noch nicht rein, sondern mit anderen Stoffen gemengt ist, dieselbe stets und sicher erhalten wird.

14. Der Nachweis von Ozon [2]).

A. Schmidt beobachtete, dass Blut in geeigneter Weise mit Stoffen zusammengebracht, die als Reagentien auf Ozon angesehen werden, z. B. Guajaktinctur, Kaliumjodidstärkekleister etc., Ozonreactionen giebt. Er schloss daraus auf die Gegenwart von Ozon im Blute. Diese Auffassung ist nicht ohne Anfechtung geblieben; Huizinga [3]), Nasse [4]) und Pflüger [5]) erhoben dagegen Einsprache; namentlich suchte Nasse nachzuweisen, dass die Reactionen, welche Blut mit den sogenannten Ozonreagentien giebt, als Reactionen auf Sauerstoff im status nascens zu betrachten seien.

Mémoire sur la conversion des matières animales en nouvelles substances par le moyen de l'acide sulfurique. Annal. de chim. et de phys. T. 13, p. 119. 1820.

[1]) Scherer. Ueber eine einfache Reaction zur Erkennung von Tyrosin, Leucin, Hypoxanthin, Harnsäure und einem neuen Stoff der Leber. Verhandl. der physik.-medicin. Gesellsch. in Würzburg. Bd. 7, S. 265. 1857.

[2]) Das Ozon wurde 1840 von Schönbein entdeckt. Beobachtungen über den bei der Elektrolysation des Wassers und dem Ausströmen der gewöhnlichen Elektricität aus Spitzen sich entwickelnden Geruch. Abhandl. der math.-physik. Classe der königl. bayer. Akad. der Wissensch. Bd. III, S. 257. 1843.

[3]) Huizinga. Ueber Ozon im Blute und die Einwirkung desselben auf Blut. Virchow's Arch. Bd. 42, S. 365. 1868.

[4]) Nasse. Die sogenannten Ozonreactionen und der Sauerstoff im thierischen Organismus. Pflüger's Arch. Jahrg. 3, S. 205. 1870.

[5]) Pflüger. Beiträge zur Lehre von der Respiration. Dessen Archiv Bd. 10, S. 253. 1875.

Da die Frage zur Zeit kaum zu entscheiden ist, indem die Ozonreactionen und die Reactionen auf Sauerstoff im status nascens übereinstimmen, so geben wir anbei eine Anleitung, die Versuche, aus denen **Schmidt** die Anwesenheit des Ozons im Blute folgerte, zu wiederholen; zuvor aber berichten wir von den Versuchen **His** und **Schönbein's** über das Verhalten des Blutes gegen Wasserstoffhyperoxyd, aus denen diese Forscher das Vermögen des Blutes ableiteten, Ozon zu übertragen, d. h. Substanzen, welche Ozon enthalten, dasselbe zu entziehen und es auf zugefügte Ozonreagentien zu übertragen.

a. Die Versuche von His [1]) und Schönbein [2]). Bringt man in ein Gemisch von stark verdünntem Wasserstoffhyperoxyd und frischer Guajaktinctur oder zu Terpentinöl, das längere Zeit dem Lichte und der Luft ausgesetzt war, und Guajactinktur einige Tropfen einer verdünnten Blutlösung, so werden die bis dahin farblosen Flüssigkeiten gebläut. Macht man letzteren Versuch in der Weise, dass man erst die Blutlösung mit dem Terpentinöl mischt und dann die Guajaktinctur zufügt, so erfährt die Mischung keine Bläuung; sie färbt sich aber alsbald, wenn man noch einige Tropfen Terpentinöl hinzufügt. Das Nämliche beobachtet man, wenn man zu obigen Versuchen statt der Guajaktinctur Kaliumjodidstärkekleister benutzt. Da die Bläuung der Guajaktinctur oder des Kaliumjodidstärkekleisters bei der Vermischung mit Blut allein ausbleibt, so haben **Schönbein** und **His** diese Erscheinung im Sinne einer Ozonübertragung durch das Blut gedeutet.

b. Die Versuche von A. Schmidt [3]). **Schmidt** beobachtete, dass wenn man durch Blut eine Bläuung der Guajaktinctur oder des Kaliumjodidstärkekleisters erzielen will, besondere Versuchsanordnungen zu treffen sind. Mit der Guajaktinctur muss Papier getränkt werden, der Kleister muss sehr verdünnt sein, ebenso die Blutlösung.

Bringt man auf einen Streifen Filtrirpapier, das mit alkoholischer Guajaktinctur getränkt ist, nach Abdunsten des Alkohols einen Tropfen einer Blutlösung, die durch Verdünnung von Blut mit dem 10- bis 15-fachen Volumen Wasser erhalten wurde, so zeigt sich der Tropfen nach 1/2 bis 5 Minuten mit einem mehr oder weniger intensiv blauen Rand umgeben.

Dieser Versuch gelingt mit jedem Blute, vorausgesetzt, dass die Tinctur frisch bereitet, der zur Bereitung derselben verwandte Alkohol rein und Filtrirpapier mit der Tinctur getränkt wurde. Die Guajak-

---

1) **His.** Ueber die Beziehungen des Blutes zum erregten Sauerstoff. **Virchow's** Arch. Bd. 10, S. 489. 1856.

2) **Schönbein.** Ueber eine neue Reihe chemischer Berührungswirkungen. Abhandl. der math. physik. Classe der königl. bayer. Akadem. der Wissensch. Bd. VIII, S. 41. 1860.

3) **A. Schmidt.** Ueber Ozon im Blute. S. 4. 1862. Hämatologische Studien. S. 1. 1865. Nochmals über Ozon im Blute. **Virchow's** Arch. Bd. 42, S. 249. 1868.

tinctur wird nach Schmidt am besten aus 1 Thl. Harz und 5 bis 6 Thln. Alkohol von 80 Proc. gefertigt. Das Glas, in dem die Tinctur aufbewahrt wird, darf nur zu $^1/_3$ bis $^1/_2$ gefüllt sein. Je länger die Tinctur steht, desto geringer wird ihre Brauchbarkeit; nach 4 bis 5 Wochen ist sie zu dem Versuche untauglich. Nicht jede Papiersorte zeigt mit derselben Tinctur und demselben Blute Ozonreaction; dieselbe gelingt z. B. auf mehr dichtem und geglättetem Papier kaum oder gar nicht, während sie auf Filtrirpapier sehr schön gelingen kann, worauf Pokrowsky [1]) aufmerksam macht. Die Reaction wird auch, wie Schmidt beobachtete, durch Blut hervorgerufen, das mit Kohlenoxyd behandelt wurde. Der Grund hiervon liegt nach Kühne und Scholz [2]) in dem Sauerstoff der Atmosphäre; denn bei Ausschluss desselben durch Wasserstoff oder Kohlensäure tritt die Reaction nicht ein.

Den Kleister, der zu diesen Versuchen verwandt wird, bereitet man sich, indem man 1 Thl. Kaliumjodid mit 10 Thln. Stärke und 1200 bis 1600 Thln. Wasser mischt. Man füllt mit diesem Kleister ein Reagensglas bis etwa zur Hälfte, säuert mit Salzsäure an und lässt die Mischung alsdann 24 Stunden stehen. Dieselbe ist nach dieser Zeit blau. Man theilt sie in zwei Portionen, lässt die eine ruhig stehen, zu der anderen aber fügt man 2 Tropfen Blut. Sofort tritt Entbläuung des Kleisters ein. Nach 24 Stunden aber ist dieser Kleister wieder blau und zwar ist die Färbung dunkler blau als die der ersten Portion, die allein dem Contacte der atmosphärischen Luft ausgesetzt war.

15. Der Nachweis von Fermenten.

Bekanntlich unterscheidet man seit Pasteur's [3]) Untersuchungen über die Rolle, welche die Pilze bei den Gährungsprocessen spielen, unorganisirte oder ungeformte und organisirte oder geformte Fermente [4]).

---

[1]) Pokrowski. Zur Frage über Ozon im Blute und über das Schicksal des Kohlenoxyds bei CO-Vergiftungen. Virchow's Arch. Bd. 36, S. 488. 1866.

[2]) Kühne und Scholz. Ueber Ozon im Blute. Virchow's Arch. Bd. 33, S. 98. 1865.

[3]) Pasteur. Animalcules infusoires vivant sans gaz oxygène libre et déterminant des fermentations. Compt. rend. hebd. des séances de l'acad. des sciences. T. 52, p. 344. 1861. Derselbe. Mémoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère. Annal. de chim. et de physique. III. sér. T. 64, p. 23. 1862.

[4]) Die Bezeichnung „ungeformte" und „geformte" Fermente rührt von Hüfner her. Hüfner. Untersuchungen über „ungeformte Fermente" und ihre Wirkungen. Journ. f. prakt. Chem. N. F. Bd. 5, S. 374. 1872. Müntz unterscheidet chemische und physiologische Fermente, und meint damit ungeformte und geformte Fermente. Müntz. Sur les ferments chimiques et physiologiques. Compt. rend. hebd. des séanc. de l'acad. des scienc. T. 80, p. 1250. 1875. Kühne schlägt vor, die ungeformten oder nicht organisirten

Von den ungeformten Fermenten ist bis jetzt nur das diastatische im Blute nachgewiesen worden. Geformte Fermente kommen im normalen Blute nicht vor; nichtsdestoweniger kann es sich bei der experimentellen Lösung physiologischer Fragen ereignen, dass das Blut auf die Anwesenheit dieser Fermente untersucht werden muss.

Wir geben anbei eine Anleitung, das Blut auf die Anwesenheit geformter Fermente zu prüfen, vorher aber erörtern wir einige Methoden, das diastatische Ferment im Blute nachzuweisen.

a. **Der Nachweis des diastatischen Fermentes im Blute** kann entweder nach der Methode von v. Wittich oder Tiegel oder Plósz und Tiegel geschehen. Das Vorkommen eines diastatischen Fermentes im Blute wurde zuerst von Magendie angegeben. Magendie[1]) beobachtete nämlich, dass gekochte Stärke mit Blutserum gemischt bei 40° C. in Zucker umgewandelt wird. Bei der Deutung dieses Befundes hat man sich an die Angabe Bernard's[2]) zu erinnern, dass bei der directen Mischung von Blut und in Wasser aufgeschwemmtem Amylum die Möglichkeit einer späteren Bildung des diastatischen Fermentes nicht ausgeschlossen ist. Ferner wolle man eingedenk sein, dass im Blute selbst schon Zucker, wie wir S. 401 angegeben haben, vorkommt. Man wird also gut thun, bei der Prüfung der Wirkung des diastatischen Ferments stets Controlversuche anzustellen. Die Umwandlung von Amylum oder Glykogen in Zucker geht allmälig vor sich. Einen Indicator für das Fortschreiten derselben hat man im Jod, welches, wie Colin und Gaultier de Claubry[3]) gefunden, amylumhaltige Flüssigkeiten blau und Glykogenlösungen, wie Bernard[4]) zuerst beobachtete, roth färbt. In dem Maasse die Zuckerbildung vorschreitet, nimmt die Jodreaction ab.

α. Methode von v. Wittich[5]). Man lässt das Blut in ein Gefäss, das mit absolutem Alkohol gefüllt ist, fliessen. Die Menge des Alkohols muss so gross sein, dass das Blut zu vollständiger Coagulation gebracht wird. Nach der Coagulation giesst man den Alkohol ab und trocknet den Rückstand; man zerreibt ihn möglichst fein in Glycerin und filtrirt

---

Fermente mit dem Namen Enzyme zu belegen. Kühne: Ueber das Verhalten verschiedener organisirter und sog. ungeformter Fermente. Verh. des naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. B. I, S. 190. 1876.

[1]) Magendie. Note sur la présence normale du sucre dans le sang. Compt. rend. hebd. des séanc. de l'acad. des scienc. T. 23, p. 190. 1846.

[2]) Bernard. Leçons de physiologie expérimentale. T. II, p. 159. 1856.

[3]) Colin et Gaultier de Claubry. Mémoire sur les combinaisons de l'iode avec les substances végétales et animales. Annal. de chim. et de phys. T. 90, p. 92. 1814. Auch: Ueber die Verbindungen der Jodine mit den Pflanzen- und thierischen Körpern. Gilbert's Annal. Bd. 48, S. 298. 1814.

[4]) Bernard. Sur le mécanisme physiologique de la formation du sucre dans le foie. Compt. rend. hebd. des séanc. de l'acad. des scienc. T. 44, p. 581. 1857.

[5]) v. Wittich. Weitere Mittheilungen über Verdauungsfermente. Pflüger's Arch. 3. Jahrg. S. 339. 1870.

nach mehrtägiger Einwirkung desselben. Das Glycerin hat nämlich die Eigenschaft, wie v. Wittich[1]) schon früher nachgewiesen, fermenthaltigen Körpern das Ferment zu entziehen. Wird das Glycerinextract mit gekochtem Stärkekleister vermischt, so giebt die Mischung nach einiger Zeit mit Fehling'scher Lösung gekocht Zuckerreaction.

β. Methode von Tiegel[2]). Wie Tiegel beobachtete, wird Glykogen oder Amylum bei einer Temperatur zwischen 30 und 40° C. theilweise oder ganz in Zucker verwandelt, wenn in der Lösung der betreffenden Substanzen suspendirte rothe Blutkörperchen zerstört werden.

Um derartige Versuche anzustellen löst man in etwa 400 cbcm einer ½proc. Kochsalzlösung 1 g Glykogen, erwärmt auf 30° C., setzt dazu 50 cbcm frisches geschlagenes Blut und, um die Blutkörperchen zur Auflösung zu bringen, 10 cbcm concentrirte Natriumglykocholatlösung. Diese Eigenschaft der Glykocholate entdeckte Kühne[3]). Untersucht man nun nach ½- bis ¾-stündigem Verweilen der Mischung im Brütofen eine Probe auf Zucker, nachdem man durch Erhitzen die Eiweisskörper entfernt und filtrirt hat, so wird man in dem Filtrate stets solchen nachzuweisen vermögen. Statt des Glykogens kann man auch Kleister benutzen.

Es ist gleichgültig, durch welches Agens die Blutkörperchen aufgelöst werden. Statt des Natriumglykocholates kann man auch Aether benutzen. Man muss aber verhältnissmässig viel Aether in Anwendung bringen, damit die Blutkörperchen aufgelöst werden.

γ. Methode von Plósz und Tiegel[4]). Auch ohne Auflösung der rothen Blutkörperchen kann der Nachweis eines diastatischen Fermentes im Blute geliefert werden. Versetzt man nämlich defibrinirtes Blut mit dem 10- bis 12fachen Volumen 0·75proc. Kochsalzlösung und lässt die Blutkörperchen in einer flachen Schale bei einer Temperatur, welche + 5° C. nicht übersteigen darf, 24 Stunden stehen, so senken sich die Blutkörperchen während dieser Zeit und die darüber stehende wenig gefärbte Flüssigkeit enthält das diastatische Ferment in reichlicher Menge in Lösung. Misst man von dieser Flüssigkeit etwa 25 cbcm ab, mischt dieselbe mit gekochtem Stärkekleister, lässt in einem Brütofen stehen und untersucht nach etwa einer Stunde, so kann man reichlich Zucker nachweisen. Am besten eignet sich zu diesen Versuchen Hunde- oder Kaninchenblut, weniger gut Rindsblut.

b. Der Nachweis geformter Fermente. Bringt es eine experimentelle Untersuchung mit sich, dass das Blut auf die Anwesenheit

---

[1]) v. Wittich. Ueber eine neue Methode zur Darstellung künstlicher Verdauungsflüssigkeiten. Pflüger's Arch. Jahrg. 2, S. 193. 1869.

[2]) Tiegel. Ueber eine Fermentwirkung des Blutes. Pflüger's Arch. Bd. 6, S. 252. 1872.

[3]) Kühne. Beiträge zur Lehre vom Icterus. Virchow's Arch. Bd. 14, S. 333. 1858.

[4]) Plósz und Tiegel. Ueber das saccharificirende Ferment des Blutes. Pflüger's Arch. Bd. 7, S. 391. 1873.

geformter Fermente zu prüfen ist, so ist der Nachweis mikroskopisch oder durch die physiologische Function zu führen, welche den geformten Fermenten eigenthümlich ist. Die mikroskopische Untersuchung ist meist sehr schwierig. Man kann nicht bei jedem Gebilde, das man unter dem Mikroskope hat, entscheiden, ob dasselbe einen kleinen Organismus vorstellt, oder ein minimales Fetttröpfchen, oder ein Plasmakörperchen, oder ein Zerfallsproduct der weissen Blutkörperchen, oder sonst etwas. Angewandte mikrochemische Reactionen geben meist keinen Aufschluss; aus der Resistenz der fraglichen Gebilde gegen Essigsäure, Kalilauge, Aether etc. kann kein entscheidendes Kriterium für ihre Bacteriennatur abgeleitet werden.

In vollständiger exacter Weise aber lässt sich das Fehlen oder das Vorhandensein geformter Fermente im Blute aus dem Verhalten führen, welches dasselbe direct aus der Ader unter Behinderung des Zutrittes der Luft in geglühten Gefässen aufgefangen und unter geeignetem Verschlusse im Brütofen einige Zeit aufbewahrt, zeigt. Sind nämlich geformte Fermente im Blute vorhanden, so treten dieselben in Function und es entsteht in dem Blute Fäulniss, fehlen dieselben aber, so fault das aufgefangene Blut nicht. Diese Schlussfolgerung erleidet durch die Beobachtung Billroth's[1]), dass das Blut eine schlechte Nährflüssigkeit für die Entwickelung der Bacterien bildet, insofern eine Einschränkung, als der Nachweis noch zu führen ist, dass das betreffende Blut, auch in Flüssigkeiten, welche Bacterien oder deren Keime leicht zur Entwickelung bringen, keine Zersetzung erzeugt.

Will man das Verhalten des Blutes für sich allein beobachten, so bedient man sich der Methoden von Hensen oder Klebs oder Gscheidlen und Traube; will man dasselbe aber mit Nährflüssigkeiten für Bacterien zusammenbringen, so wird man das von uns ersonnene Verfahren in Anwendung ziehen.

Mittelst dieser Methoden lässt sich nun zeigen, dass im normalen Blute keine Fermente vorhanden sind, welche Fäulniss erzeugen. Der erste, welcher beobachtete, dass Blut vor dem Einflusse der atmosphärischen Luft geschützt nicht fault, war van den Broek[2]). Dieser Forscher fing Blut direct aus der Ader unter Quecksilber auf, indem er ein dünnes vorher erhitztes kupfernes Röhrchen in die Carotis eines Hundes einführte. Das Röhrchen war mit einem Kautschukschlauch verbunden, durch den während einiger Zeit heisser Dampf geleitet war und in das beim Erkalten

[1]) Billroth. Untersuchungen über die Vegetationsformen von Coccobacteria septica und den Antheil, welchen sie an der Entstehung und Verbreitung der accidentellen Wundkrankheiten haben. S. 68. 1874.

[2]) Van den Broek. Untersuchungen über die geistige Gährung des Traubensaftes und über Fäulniss thierischer Substanzen in frischem Zustande. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 115, S. 85. 1860.

durch Baumwolle [1]) filtrirte Luft eintrat. Sobald die Klemme an der Arterie geöffnet und etwas Blut ausgeflossen war, wurde der Kautschukschlauch unter mit Quecksilber gefüllte Flaschen, die vorher sammt dem Quecksilber auf dem Sandbade über 300° C. erhitzt waren, dirigirt und Blut aufgefangen. Der Inhalt dieser Gläser bei 25 bis 30° C. gehalten zeigte keine Spur von Fäulniss während sechs Wochen.

α. Methode von Hensen [2]). Diese Methode wurde von Hensen in Anwendung gebracht, um Blut aus dem Herzen aufzufangen. Eine doppelt U-förmige Röhre wird einerseits mit etwas Wasser, andererseits mit Quecksilber gefüllt, zugeschmolzen und längere Zeit bei 140° C. gekocht. Dann wird der eine an der Lampe vorher erhitzte Schenkel in ein Blutgefäss eingeführt, daselbst abgebrochen und nun durch Abgiessen des Quecksilbers aus dem anderen Rohre Blut eingesogen. Alsdann werden beide Enden wieder abgeschmolzen und der Apparat in den Brütofen gebracht.

Es ist unbedingt nothwendig, dass man das Quecksilber längere Zeit bei hoher Temperatur hält; denn nach den Beobachtungen von Pasteur [3]) enthält das Quecksilber stets eine Menge lebensfähiger Keime, die nur durch längeres Erhitzen des Quecksilbers ausgeschlossen werden können.

β. Methode von Klebs [4]). Dünne Glasröhren von 1 bis 3 dm Länge werden an beiden Enden zur Capillare ausgezogen und längere Zeit bei einer 100° C. überschreitenden Temperatur gehalten. Zweckmässig benutzt man dazu den Gasofen von Erlenmayer [5]). Dieser besteht aus einem runden Kasten von Eisenblech *A*, Fig. 353 (a. f. S.), $^{1}/_{10}$ nat. Gr., der mit Ausnahme dreier kleinen Oeffnungen zum Einstecken von Thermometern rings umschlossen ist. Ueber *A* ist ein Mantel *B* von Eisenblech gestürzt. An den Seiten des Kastens sind runde Oeffnungen angebracht, in welchen mehrere Stücke eiserner Gasröhren so eingeschoben sind, dass ihre offenen Enden beiderseitig einige Centimeter hervorragen. Beim Gebrauche wird der Kasten so gestellt, dass die Röhren vollkommen horizontal liegen, und der Kasten durch eine Bunsen'sche Lampe erhitzt.

---

[1]) Die Benutzung der Baumwolle zum Filtriren gewöhnlicher Luft geschah zuerst durch Schröder und v. Dusch. Ueber Filtration der Luft in Beziehung auf Fäulniss und Gährung. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 89, S. 234. 1854.

[2]) Hensen. Bemerkungen zu dem Aufsatz „Ueber Abstammung und Entwickelung von Bacterium termo." Arch. f. mikroskop. Anatom. Bd. III, S. 343. 1867.

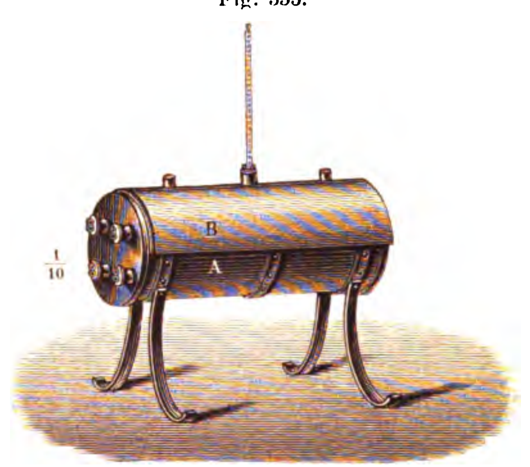
[3]) Pasteur. Mémoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère. Annal. de. Chim. et de phys. III. sér. T. 64, p. 79. 1862.

[4]) Klebs. Beiträge zur Kenntniss der Micrococcen. Arch. für exper. Path. und Pharmakol. Bd. I, S. 37. 1873.

[5]). Erlenmayer. Ueber einen praktischen Apparat. zum Erhitzen in zugeschmolzenen Röhren. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 139, S. 75. 1866.

Hat man die Glasröhrchen genügende Zeit erhitzt, so werden sie mit einer vorher geglühten Pincette etwas hervorgezogen und ihre

Fig. 353.



offenen Enden vor einer Gaslampe abgeschmolzen. Hierauf wird das Blutgefäss des Thieres freigelegt, mit einer frisch geglühten Scheere angeschnitten und in die Schnittöffnung die Capillare eingeführt. Ist dieselbe tief genug eingedrungen, so wird durch eine seitliche Bewegung oder mittelst einer Pincette, wenn beizukommen ist, die Spitze abgebrochen. Das Blut strömt dann in die verdünnte Luft enthaltende Röhre ein, und füllt dieselbe gewöhnlich zur Hälfte. Die Röhre wird herausgezogen und sofort die Spitze vor der Gaslampe zugeschmolzen.

Um mehr Blut in die Röhre zu bekommen, fanden wir es zweckmässig, nach dem Abschmelzen der capillaren Enden die Mitte der Röhre in die Gaslampe zu halten. Die erhitzte Luft dehnt das heisse Glas aus und in der Röhre wird dadurch ein grösserer luftverdünnter Raum erzeugt. In Folge dessen strömt beim Abbrechen der Spitze mehr Blut in die Röhre. Ein derartiges Röhrchen zeigt Fig. 354, $^2/_3$ nat. Gr. Damit das Abbrechen der capillaren Spitze an gewünschter Stelle geschieht, ist es zweckmässig, dieselbe durch einen leichten Diamantstrich zu markiren, die Röhre bricht dann an der betreffenden Stelle bei leichter Seitenbewegung sofort ab.

Ein Bruchtheil des Inhalts der Glasröhre kommt während des Herausziehens derselben aus der Ader des Thieres und dem Abschmelzen einen Moment mit der atmosphärischen Luft in Berührung. Um dies zu vermeiden, bindet man nach Salomonsen[1]) die Glasröhre *A*, Fig. 355, nat. Gr., in die Ader bei *B* ein, legt nach dem Füllen von *A* eine doppelte

[1]) Salomonsen. Studier over blodets foraadnelse, p. 140. 1877.

Ligatur oberhalb der abgebrochenen Spitze der Glasröhre bei *C* und *D* an, schneidet die Ader zwischen *C* und *D* und *E* und *B* durch und schmilzt unterhalb *B* die Glasröhre ab. Auf diese Weise kommt das Blut gar nicht mit Luft in Berührung.

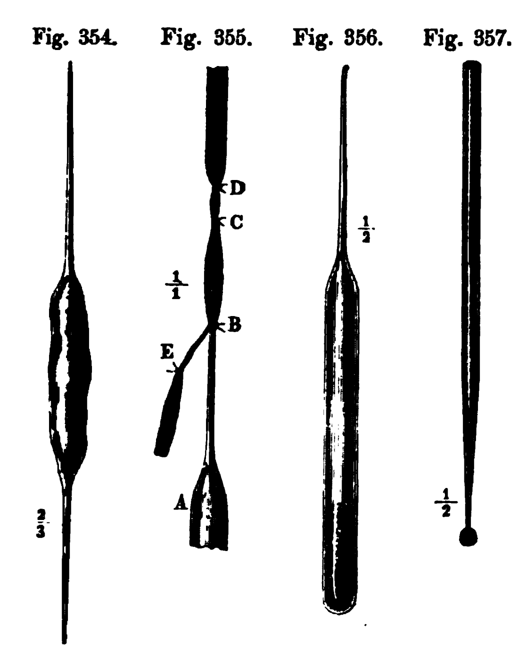


Fig. 354. Fig. 355. Fig. 356. Fig. 357.

Will man das Blut in den Glasröhrchen im defibrinirten Zustande beobachten, so bringt man vor dem Ausziehen des einen Endes der Röhre zur Capillare in das Röhrchen Glasstücke oder Quecksilber ein, die jedoch vorher stark erhitzt werden müssen. Fig. 356, $^1/_2$ nat. Gr., ist eine derartige Röhre abgebildet, wie wir [1]) sie z. B. bei unseren Versuchen über die Erzeugung von Hämoglobinkrystallen benutzten.

γ. Methode von Gscheidlen und Traube.

Burdon-Sanderson [2]) hat beobachtet, dass Blut in geglühten Behältnissen aufgefangen unter Watteverschluss nicht in Fäulniss übergeht. Auf diese Thatsache fussend benutzten wir [3]) bei unseren Versuchen über Fäulniss zum Auffangen des Blutes mässig weite, etwa 2 d lange Glasröhren, die an einem Ende zur Capillare ausgezogen, abgeschmolzen und geglüht waren. Nach dem Glühen wurde das offene Ende mit etwas Baumwolle verstopft. Soll in diesen Röhren Blut aufgefangen werden, so wird das Blutgefäss des Thieres blossgelegt, dasselbe mit einer geglühten Scheere angeschnitten und in das periphere oder centrale Ende eine Glasröhre eingeführt und seine Spitze innerhalb des Blutgefässes abgebrochen. Das Blut steigt in dem Röhrchen in die Höhe, und nachdem dasselbe zur Hälfte oder $^2/_3$

---

1) Gscheidlen. Einfache Methode Blutkrystalle zu erzeugen. Pflüger's Arch. Bd. 16, S. 423. 1878.

2) Burdon-Sanderson. The origin and distribution of microzymes in water, and the circumstances which determine their existence in the tissus and liquids of the living body. Quart. journ. of microsc. scienc. T. IX, p. 323. 1870

3) Traube. Ueber Fäulniss und den Widerstand der lebenden Organismen gegen dieselbe. 52 Jahrsber. der schles. Gesellsch. für vaterl. Cultur. S. 180. 1875.

gefüllt ist, wird es herausgezogen, das Ausfliessen des Blutes aus der Röhre durch Aufsetzen eines Fingers gehindert und das capillare Ende mit Siegellack verschlossen, Fig. 357 (s. v. S.), $^1/_2$ nat. Gr.

Da es sich bei dieser Art des Watteverschlusses ereignen kann, dass das Blut, durch aus der Watte herabfallende Theilchen verunreinigt, in Fäulniss geräth, so ist es nach Landau [1]) zweckmässig, den Watteverschluss an den Röhrchen seitlich anzubringen. Zu dem Ende biegt man das Röhrchen an seinem oberen Ende, Fig. 358, $^1/_2$ nat. Gr., und bringt in diesen Theil die Baumwolle ein.

δ. Methode von Gscheidlen [2]). Diese Methode gestattet, Blut direct innerhalb der Ader eines Thieres aufzufangen und mit Flüssigkeiten zu mischen, welche Bacterien oder deren Keime leicht zur Entwickelung bringen. Man bedient sich hierbei eines Apparates, der aus zwei Glasröhren *A* und *B*, Fig. 359, $^1/_3$ nat. Gr., besteht, die in einander geschmolzen sind. Beim Gebrauche wird *A* zur Capillare ausgezogen, abgeschmolzen und dann noch weiter erhitzt, um eine seitliche Ausbuchtung zu erzielen, wie oben S. 502 angegeben. Alsdann wird in die Röhre *B* ein Stück eines massiven Glasstabes *C* gebracht, dabei die Vorsicht beobachtend, dass das capillare Ende der Röhre *A*, welches in *B* hineinragt, nicht abgebrochen wird. *B* wird nun gleichfalls verjüngt und mit der Flüssigkeit gefüllt, mit welcher das in *A* aufgefangene Blut gemischt werden soll. Dies geschieht durch Eintauchen des verjüngten Endes in die Flüssigkeiten und allmäliges Austreiben der Luft durch Erwärmen. Ist *B* gefüllt, so wird das verjüngte Ende abgeschmolzen. Nach dem Erkalten bringt man das capillare Ende von *A* in das Blutgefäss eines Thieres in der oben beschriebenen Weise ein, und bricht die Spitze ab. Das Blut schiesst in den verdünnten



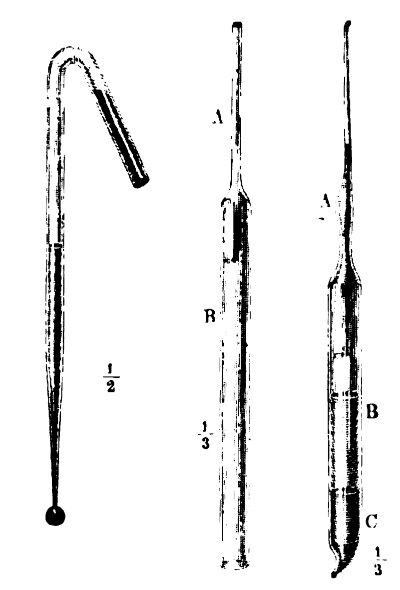


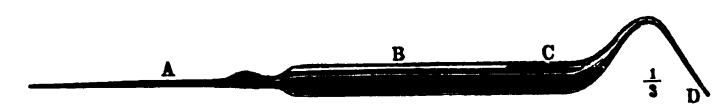
Fig. 358. Fig. 359. Fig. 360.

1) Landau. Zur Aetiologie der Wundkrankheiten nebst Versuchen über die Beziehungen der Fäulnissbacterien zu denselben. Arch. für klin. Chirurgie. Bd. 17, S. 534. 1874.

2) Gscheidlen. Ein Apparat, der gestattet, Mischungen bei Abschluss atmosphärischer Luft vorzunehmen. Fresenius, Zeitschr. für analyt. Chem. Bd. 13, S. 25. 1874.

Raum; man schmilzt *A* ab und schüttelt. Das Glasstück *C*, Fig. 360, 1/3 nat. Gr., fährt gegen die capillare Spitze der Röhre *A* innerhalb *B*, bricht diese ab und das Blut kann sich mit der Flüssigkeit in *B* mischen. Bringt es der Versuch mit sich, dass der Zutritt von Luft stattfinden soll, so biegt man *B*, Fig. 361, 1/3 nat. Gr., knieförmig und bricht die

Fig. 361.



Spitze *D* nach dem Mischen mit dem Inhalte der Röhre von *A* unter Baumwolle ab. Zweckmässig befindet sich die Baumwolle in einer ausgeglühten kleinen Glasröhre, in die die Spitze *D* vorsichtig eingeschoben und dann gegen den Boden der Glasröhre gedrückt abgebrochen wird. So verfuhren wir [1]) z. B. bei Versuchen, die die Widerlegung der von Huizinga [2]) behaupteten Abiogenesis zum Gegenstand hatten.

Als Nährflüssigkeiten, welche Bacterien leicht zur Entwickelung bringen, empfehlen sich 1/2- bis 1proc. Leimlösungen oder Peptonmischungen oder Pasteur'sche Flüssigkeit, die natürlich vor dem Versuche einige Zeit zu kochen sind. Die Pasteur'sche [3]) Nährflüssigkeit für Bacterien enthält in 100 Gewichtstheilen Wasser 10 g reinen Candiszucker, 0·1 Ammoniumtartrat und Asche von 1 g Hefe, deren Gewicht 0·07 bis 0·08 beträgt, da trockene Hefe nach Liebig [4]) 7 bis 8 Procent Asche enthält, die sehr reich an Kaliumphosphat ist. Man kann den Zucker aus der Pasteur'schen Lösung weglassen, da, wie Cohn [5]) angiebt, die Ernährung der Bacterien ebensogut, wenn nicht besser, ohne denselben vor sich geht; weiter kann man auf Grund von Versuchen, in denen A. Mayer [6]) den Antheil der einzelnen in der Hefeasche enthaltenen Mineralbestandtheile an der Ernährung der Hefe experimentell ermittelte, statt Hefeasche eine Mischung von 0·5 g Kaliumphosphat, 0·5 g Magnesiumsulphat und 0·05 g neutrales Calciumphosphat auf 100 Theile Nährflüssigkeit verwenden. Da aber beim Kochen dieser Mischung ein Nieder-

---

[1]) Gscheidlen. Ueber die Abiogenesis Huizinga's. Pflüger's Archiv Bd. IX, S. 170. 1874.

[2]) Huizinga. Zur Abiogenesis-Frage. Pflüger's Arch. Bd. 7, S. 549. 1873. Derselbe. Weiteres zur Abiogenesisfrage. Ibid. Bd. 8, S. 180. 1874.

[3]) Pasteur. Mémoire sur la fermentation alcoolique. Annal. de chim. et de phys. ser. III, T. 58, p. 383. 1860.

[4]) Liebig. Ueber Gährung, Quelle der Muskelkraft und Ernährung. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 153, S. 11. 1870.

[5]) Cohn. Untersuchungen über Bacterien. Dessen: Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 2. Hft. S. 195. 1872.

[6]) Mayer. Lehrbuch der Gährungschemie, S. 125. 1874.

schlag von Magnesiumphosphat entsteht, so kann man nach Huizinga[1]) auch statt des Kaliumphosphates ohne Beeinträchtigung des Nährwerthes Kaliumnitrat verwenden, wodurch ein Niederschlag vermieden wird.

Benutzt man statt der Pasteur'schen Flüssigkeit Leimlösung oder Peptonlösung, so fügt man zu diesen obige Mineralbestandtheile im angegebenen Verhältniss.

B. Von der Blutbewegung.

Das Blut der meisten Thiere ist während des Lebens in ein besonderes in sich zurücklaufendes Röhrensystem eingeschlossen und wird in demselben durch besondere mechanische Vorrichtungen in stetem Umlaufe erhalten. Ist ein Herz vorhanden, wie dies bei allen Wirbelthieren und einer grossen Zahl Wirbelloser der Fall ist, so bildet dieses das Centrum für die Blutbewegung. Von ihm aus wird das Blut durch besondere Gefässe, Arterien genannt, nach der Peripherie geleitet und von da aus, gleichfalls durch besondere Gefässe, die Venen, nach dem Herzen wieder zurückgeführt. Zwischen den Enden der Arterien und den Anfängen der Venen ist das Capillarsystem, ein Netz feinster mikroskopischer Röhrchen, eingeschaltet. Den Kreislauf des Blutes entdeckt zu haben ist das Verdienst Harvey's[2]).

Wir handeln im Folgenden zunächst von den allgemeinen Erscheinungen des Kreislaufs, dann von den Methoden, die man ersonnen, die Blutbewegung in den einzelnen Kreislaufsorganen, nämlich dem Herzen, den Arterien, dem Capillarsystem und den Venen zu studiren.

I. Die allgemeinen Erscheinungen des Kreislaufs.

Unter diesem Titel berichten wir von den Methoden, die Bewegung des Blutes im lebenden Thierkörper direct zu beobachten und die Dauer seines Umlaufs zu bestimmen.

Die Bewegung der Blutflüssigkeit kann man direct nur bei den Thieren erkennen, deren Gefässe sich abwechselnd füllen oder entleeren, bei den Thieren aber, deren Gefässsystem während des Lebens stets gefüllt ist, lässt sich die Bewegung der Blutflüssigkeit nur an der Bewegung der in ihr suspendirten morphotischen Elemente wahrnehmen. Die Dauer des Blutumlaufs ist verschieden; dieselbe richtet sich im Allgemeinen nach der Geschwindigkeit des Blutes und der Grösse des Thieres.

---

[1]) Huizinga. Zur Abiogenesis-Frage. Pflüger's Arch. Bd. 7, S. 553. 1873.

[2]) Harvey. Exercitationes anatomicae de motu cordis et sanguinis circulatione, p. 82. Rotterdam 1654.

1. Die Beobachtung des Blutumlaufs.

Die Bewegung des Blutes kann man direct in dem durchsichtigen Inneren einiger Egelarten wahrnehmen, sowie an den Retinalgefässen des eigenen Auges. Bedient man sich des Mikroskopes zur Beobachtung, so wählt man zweckmässig durchsichtige Organe, wie die Schwimmhaut, die Zunge oder die Lungen von Fröschen oder Wassersalamandern, das Mesenterium von Fröschen oder ätherisirter Säugethiere, die Schwänze von Froschlarven etc. Um den Embryonalkreislauf zu überschauen, wählt man Hühnereier vom dritten oder vierten Bebrütungstag.

a. **Die Bewegung der Blutflüssigkeit** sieht man sehr schön mit blossem Auge in dem halbdurchsichtigen Innern von Helluo vulgaris Oken, Nephelis Sav. besonders bei jungen noch weissen Thierchen[1]). Dieser Blutegel ist überall an allen Ufern langsam fliessender Gewässer anzutreffen. Er besitzt zwei Seitengefässe und einen dicken mittleren Gefässstamm, der an der Bauchseite liegt. Seitengefässe und Mittelgefäss stehen mit einander durch Queranastomosen in Verbindung. Bringt man das Thierchen auf eine Glasplatte und hält dieselbe gegen das Licht, so übersieht man den ganzen Kreislauf mit einem Male. In dem einen Moment sind z. B. das linke Seitengefäss und das mittlere Gefäss, wie die zwischen ihnen liegenden Anastomosen mit rothem Blute gefüllt, während das rechte Seitengefäss und die von ihm ausgehenden Aeste leer sind, im zweiten Moment ist das rechte Seitengefäss und seine Aeste allein gefüllt, während das linke Seitengefäss und das mittlere zugleich leer sind.

Der Wechsel der Pulsationen zwischen der einen und anderen Seite ist durch eine Pause von mehreren Secunden unterbrochen. Das Blut strömt während der Contraction eines Seitengefässes sichtbar durch die mittleren Zwischengefässe zur anderen Seite hinüber. Auch bei jugendlichen Exemplaren von Haemopis officinalis lässt sich, wie Weber[2]) fand, die Strömung des Blutes in den beiden Seitengefässen beobachten. Man bringt das Thierchen zwischen zwei Glasplatten und hält dieselben gegen das Licht. Damit das Thierchen nicht zu sehr gedrückt wird, legt man zwischen die Glasplatten nach Bidder[3]) zweckmässig dünne Wachsleisten.

---

[1]) Joh. Müller. Ueber den Kreislauf des Blutes von Hirudo vulgaris. Meckel's Arch. für Anat. und Physiol. Jahrg. 1828, S. 23. 1828.

[2]) Weber. Ueber die Entwickelung des medicinischen Blutegels. Meckel's Arch. für Anat. und Physiol. Jahrg. 1828, S. 399. 1828.

[3]) Bidder. Untersuchungen über das Blutgefässsystem einiger Hirudineen. S. 16. 1868.

b. Der Blutumlauf in den Retinalgefässen des eigenen Auges kann leicht nach den Methoden von Meissner oder Vierordt wahrgenommen werden.

α. Methoden von Meissner[1]. Man starrt entweder durch eine feine Oeffnung auf die helle Glocke einer Lampe, während man für sehr grosse Nähe accommodirt, oder man drückt das eine Auge und starrt hierauf, während das andere geschlossen ist, unverwandt und ohne Augenlidschlag auf eine möglichst helle Fläche, indem man z. B. durch eine Linse eine Lampenglocke betrachtet, so dass kein Bild, sondern nur eine gleichmässige helle Fläche in der Oeffnung der Linse entsteht. In ersterem Falle verdunkelt sich das Gesichtsfeld plötzlich und in grosser Zahl treten dicht neben einander stehende lichte Flecken auf, die sich gleichsam allmälig beleben, indem aus den in einander fliessenden Flecken weitere und engere, sich theilende anastomosirende Gefässe werden, in welchen die Blutkörperchen sich rasch bewegen; in letzterem Falle wird das helle Sehfeld dunkelgrünlich und auf dieser halbdunkeln Fläche sieht man den Kreislauf.

β. Methode von Vierordt[2]. Man betrachtet unverwandten Blickes das gleichmässig beleuchtete Milchglas einer hellen Lampe in einem Abstand von 110 bis 160 mm vom Auge. Nach 1 bis 3 Minuten kommt das Auge in einen gewissen Ermüdungszustand; die vorher helle Fläche des Glases wird nach und nach graulich grün. Diese Verfärbung tritt schneller ein, wenn man die Accommodation in die Ferne beibehält. Meist schon einige Secunden nach Beginn der Betrachtung des Glases tritt eine anfangs sehr undeutliche allgemeine Bewegung auf dem noch weissen Sehfelde ein; dann erscheinen einzelne, immer zahlreicher werdende, lichte Pünktchen. Um das Fliessen deutlich zu machen, bewegt man möglichst nahe vor dem Auge die gespreizten Finger sehr schnell, etwa 100 mal in der Minute, hin und her. Man ist dann unter Umständen im Stande, den Versuch mehrere Minuten lang fortsetzen zu können. Von dem Kreislaufe im eigenen Auge bekommt man auch nach Johannes Müller[3] beim Betrachten heller, aber keineswegs blendend erleuchteter Flächen, z. B. beim längeren unverwandten Ansehen einer Schneefläche oder weissen Papiers eine Anschauung. Das Phänomen tritt nach Vierordt[4] deutlicher hervor, wenn man, sobald die blaue Farbe des Himmels sich zu verfärben beginnt, die früher angegebenen Fingerbewegungen macht.

---

1) Meissner. Beiträge zur Physiologie des Sehorgans, S. 84. 1854.

2) Vierordt. Die Wahrnehmung des Blutlaufes in der Netzhaut des eigenen Auges. Arch. f. physiol. Heilkunde. Jahrg. 1856, S. 257. 1856. Derselbe. Die Erscheinungen und Gesetze der Stromgeschwindigkeiten des Blutes. S. 42. 1858.

3) Joh. Müller. Handb. der Physiologie des Menschen. Bd. 2, S. 390. 1840.

4) Vierordt. Die Wahrnehmung des Retinalblutlaufs. Arch. f. physiol. Heilkunde. Jahrg. 1856, S. 572. 1856.

c. **Die Beobachtung des Blutumlaufs bei Fröschen** kann entweder in den Capillaren der Lunge, der Zunge, des Mesenteriums oder der Schwimmhäute bei durchfallendem, oder in den Gefässen der Haut bei auffallendem Lichte geschehen. Zum Fixiren der Organe des Frosches unter dem Mikroskope sind verschiedene Methoden und Apparate angegeben worden. Die meisten der letzteren sind seit der Einführung des amerikanischen Pfeilgiftes durch Bernard und Flint[1]) in die physiologische Methodik entbehrlich geworden, indem durch dasselbe vergiftete Thiere vollständig gelähmt werden können, ohne dass der Herzmuskel in seiner Function gestört wird. Die Thiere, an denen Beobachtungen über den Kreislauf angestellt werden sollen, werden zweckmässig nur schwach mit Curare vergiftet. Cohnheim[2]) brachte z. B. bei seinen Versuchen über Entzündung den Fröschen nur so wenig Curare subcutan bei, dass es $1^1/_2$ bis 2 Stunden bedurfte, bis sie völlig regungslos waren; nach ungefähr 48 Stunden kehrte die Bewegungsfähigkeit wieder. Will man das Curare vermeiden, so kann man nach v. Frey[3]) die selbständigen Bewegungen des Frosches durch Trepanation und Enthirnung mit einer glühenden Nadel ausschalten. Jeder Blutverlust muss natürlich bei der Operation möglichst vermieden werden. Den Blutumlauf im lebenden Frosche sah zuerst Malpighi[4]) um das Jahr 1661.

α. Der Blutumlauf in der Lunge des Frosches war schon von Seiten Hales[5]) und Spallanzani's[6]) Gegenstand eifrigen Studiums. In jüngster Zeit hat Holmgren[7]) genaue Vorschriften zu dessen Beobachtung gegeben. Man legt in der Armhöhle eines kräftigen Frosches zwei Ligaturen an, durchtrennt die dazwischen liegende Haut, wobei man jedes Gefässchen, das etwa bluten sollte, sofort unterbindet, hebt die darunter liegende Muskellage mit einer Pincette hervor und schneidet das gefasste Stückchen aus. Aus der Oeffnung tritt alsdann meist die

[1]) Traube. Ueber den Einfluss der gallensauren Salze auf die Herzthätigkeit. Berliner klin. Wochenschr. Jahrg. I, S. 146. 1864.

[2]) Cohnheim. Ueber Entzündung und Eiterung. Virchow's Arch. Bd. 40, S. 26. 1867.

[3]) v. Frey, Ueber die Wirkungsweise der erschlaffenden Gefässnerven. Ludwig. Arbeiten aus der physiologischen Anstalt von Leipzig. Jahrg. 11, S. 105. 1877.

[4]) Malpighi. De pulmonibus epistola II. Marcelli Malpighii opera omnia, Tom. II, p. 141. Londini 1686.

[5]) Hales. Statik des Geblüts, bestehend in neuen Erfahrungen an lebendigen Thieren, ihres Bluts Bewegung zu erforschen, nebst besonderen Versuchen am Nieren- und Blasenstein, die Natur und Beschaffenheit dergleichen schädlichen Anwachses zu entdecken. S. 63. 1748.

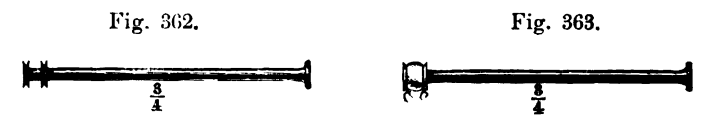
[6]) Spallanzani. Physikalische und mathematische Abhandlungen S. 80. 1769.

[7]) Holmgren. Methode zur Beobachtung des Kreislaufs in der Froschlunge. Beiträge zur Anat. und Physiol. als Festgabe C. Ludwig gewidmet. S. XXXIII. 1874.

Lunge von selbst heraus; ist dies nicht der Fall, so befördert man den Austritt durch einen leisen Fingerdruck.

Zur Beobachtung des Kreislaufs ist es nothwendig, dass die Lunge mit Luft gefüllt ist. Da dies jedoch, namentlich bei mit Curare vergifteten Fröschen, nicht immer der Fall ist, so muss man sie aufblasen. Dies geschieht durch eine Kanüle, die man in die Glottis einsteckt. Diese Kanüle, Fig. 362, $^3/_4$ nat. Gr., besteht aus einer 70 mm langen Messing-

Fig. 362. Fig. 363.

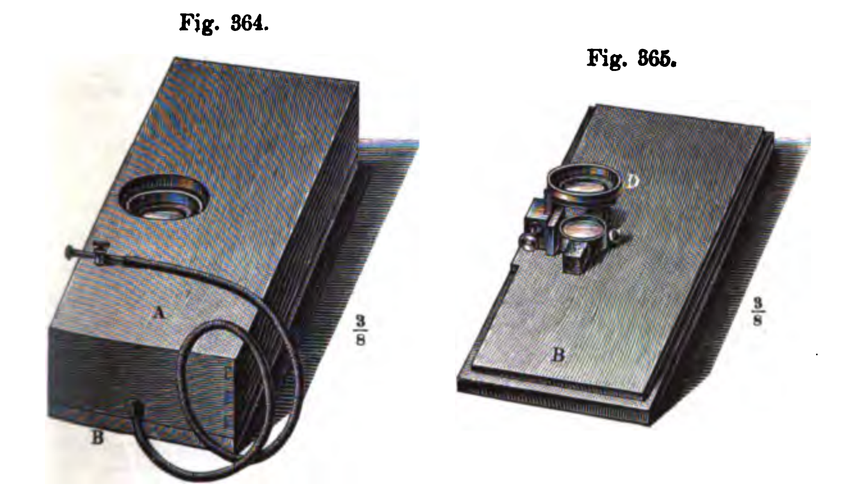


röhre, an deren einem Rande, 2 bis 3 mm von einander, zwei Ringe angebracht sind, deren peripherischer Rand rinnenförmig vertieft ist. Zwischen diesen Ringen befinden sich vier Löcher die mit dem Innern der Röhre in Verbindung stehen. Auf die Ringe wird ein Stück Froschdarm gebunden; das Darmstück muss länger sein als der entsprechende Theil der Kanüle. Setzt man nun an diese in der Glottis befindliche Kanüle einen Kautschukschlauch an, der mit einer Klemme oder einem Hahn versehen ist, und bläst in diesen, so bläst man die Lunge des Frosches und zugleich das Darmstück, das über die Ringe gebunden ist, durch die vier seitlichen Löcher auf, Fig. 363, $^3/_4$ nat. Gr. In Folge dessen wird die Glottis vollständig verschlossen und die Lunge bleibt bei Schluss des Hahns in dem gegebenen Grad der Ausspannung. Ist die Lunge zu stark aufgeblasen, so lässt man durch Oeffnen des Hahns wieder Luft austreten.

Da die Lunge dem Auge des Beobachters eine gewölbte Oberfläche darbietet, so kann der Kreislauf nur bei schwacher Vergrösserung gut gesehen werden. Um die Betrachtung auch bei stärkerer Vergrösserung vornehmen zu können, construirte Holmgren eine besondere Vorrichtung, die er Lungenkammer nennt. Diese, Fig. 364, $^3/_8$ nat. Gr., besteht aus einem viereckigen zerlegbaren Kasten. In dem Boden *B*, Fig. 365, $^3/_8$ nat. Gr., befindet sich ein centrales Loch, an dessen Rand der Messingring *C* angebracht ist. Ueber *C* befindet sich an einer vertical beweglichen Zahnstange ein horizontal gestellter Ring *D*. *C* und *D* werden je mit einem Deckgläschen versehen und zwischen beide die herauspräparirte und aufgeblasene Lunge eingelegt, nachdem man den Frosch auf dem Bauche oder Rücken auf das Brettchen gelegt und seine Lage durch Nadeln fixirt hat. Zum Einstecken derselben dienen Korkstückchen, die seitlich an dem Ringe *C* angeklebt sind. Wird das Deckgläschen *D* nur leicht an die obere gewölbte Fläche der Lunge angedrückt, so breitet sich dieselbe eben zwischen den beiden Deckgläschen aus und das Präparat ist der Betrachtung mit den stärksten Vergrösserungen zugänglich. Nach diesen Vorbereitungen wird der Frosch mit feuchtem Fliesspapier umwickelt, mit dem Deckel *A*, Fig. 364, $^3/_8$ nat. Gr., der

gleichfalls mit einem mit dem Ausschnitte in *B* correspondirenden Loche versehen ist, bedeckt und das Ganze auf den Objecttisch des Mikroskopes so

Fig. 364. Fig. 365.



gelegt, dass die Ausschnitte der Lungenkammer und das Loch im Objecttisch sich decken. Der Kautschukschlauch, der mit der in der Glottis befindlichen Kanüle verbunden ist, ragt seitlich aus *A* durch eine kleine Oeffnung hervor.

Die Methode Holmgren's leistet für die Beobachtung des Blutumlaufs ausgezeichnete Dienste, indem dieselbe innerhalb gewisser Grenzen seine Schnelligkeit in den Capillaren fast nach Belieben zu reguliren gestattet. Je mehr man nämlich durch Einblasen von Luft die Lungen ausspannt, um so langsamer wird der Kreislauf; lässt man nun wieder Luft austreten, so kehrt der Strom mit einer bis zu einem gewissen Grade immer zunehmenden Schnelligkeit zurück. Ein Nebenvortheil dabei ist, dass durch das Aufblasen nicht allein die Bewegung der Blutkörperchen langsamer wird, sondern auch, dass die Blutkörperchen nicht mehr so dicht gedrängt in den Gefässen erscheinen.

β. Den Blutumlauf in der Zunge des Frosches sieht man nach Cohnheim [1]) sehr schön, wenn man einen curaresirten Frosch auf dem Rücken auf einen grossen Objectträger legt, seine Zunge hervorholt und dieselbe auf einer etwa 25 mm langen und 18 mm breiten Glasplatte, die mittelst Canadabalsam auf den Objectträger aufgekittet ist, ausbreitet. Zur Befestigung der Ränder der Zunge ist die Glasplatte mit einem Korkringe versehen. Die Zunge darf nicht zu sehr ausgespannt werden, weil sonst bald Störungen in der Circulation eintreten. Der Frosch wird

---

[1]) Cohnheim. Ueber das Verhalten der fixen Bindegewebskörperchen bei der Entzündung. Virchow's Arch. Bd. 45, S. 341. 1869.

deshalb auf den Rücken gelagert, weil alsdann die Papillen tragende Fläche der Zunge nach oben zu liegen kommt, während die untere papillenlose Fläche, unter der unmittelbar die grossen Blutgefässe verlaufen, auf dem Objectglas ruht. Da die Papillen mit ihrem Ueberzuge von körnigen Epithelzellen die Durchsichtigkeit der Zunge hindern, so trägt man dieselbe in einer Fläche von circa 3 mm Durchmesser ab, ohne dass, wenn man vorsichtig verfährt, eine Blutung eintritt.

γ. Der Blutumlauf in dem Mesenterium des Frosches wurde schon von Haller[1]), Spallanzani[2]) etc. beobachtet. Nach Cohnheim[3]) geschieht die Zurichtung des curaresirten Frosches am besten dadurch, dass man durch eine durch Haut und Musculatur geführte Incision in der linken Seite, wo die Leber am wenigsten stört, die Bauchhöhle eröffnet und zunächst die eintretende geringe Blutung durch einen kalten Schwamm sogleich zum Stehen bringt. Alsdann wird der Frosch rücklings auf ein Objectglas gelagert, das breit genug ist, um das Thier der ganzen Länge nach auszubreiten. Auf diesem Glase ist mit Canadabalsam eine kreisrunde Glasscheibe von 12 mm Durchmesser und 1·5 mm Dicke aufgekittet, welche ringsum von einem schmalen 1 mm dicken gleichfalls mittelst Canadabalsams befestigten Korkring umgeben ist. Der Darm mit Gekröse wird zur Incisionswunde herausgezogen, zunächst auf dem Bauche des Frosches selber platt ausgebreitet und dann rasch über jene Scheibe hinübergeschlagen, der Art, dass das Mesenterium auf der Scheibe selbst ruht, während der Darm auf den umgebenden Korkring fällt und hier mittelst kleiner Stecknadeln festgesteckt werden kann. Bei dieser Operation tritt meist keine Blutung ein. Das so hergestellte Präparat kann man nun ohne weiteres, insbesondere ohne Deckglas, sofort unter das Mikroskop bringen. Zweckmässig wählt man zu diesen Versuchen, damit die Eierstöcke nicht stören, männliche Frösche; die seitliche Incision macht man am besten links, weil auf dieser Seite die Leber am wenigsten stört.

δ. Der Blutumlauf in den Schwimmhäuten des Frosches wurde von Haller, Spallanzani etc. schon studirt. Um denselben zu sehen, befestigt man einen curaresirten Frosch auf dem Rücken oder dem Bauche auf einer Kork- oder Holzplatte und spannt die zwischen den Zehen liegende Schwimmhaut mittelst Stecknadeln über ein Loch, das auf das Diaphragma des Objekttisches des Mikroskops zu liegen kommt. Durch häufiges Befeuchten mit Wasser hindert man die Austrocknung.

Unter Umständen kann es sich ereignen, dass man den Blutlauf zwischen den Schwimmhäuten des Frosches zu demonstriren hat, ohne

---

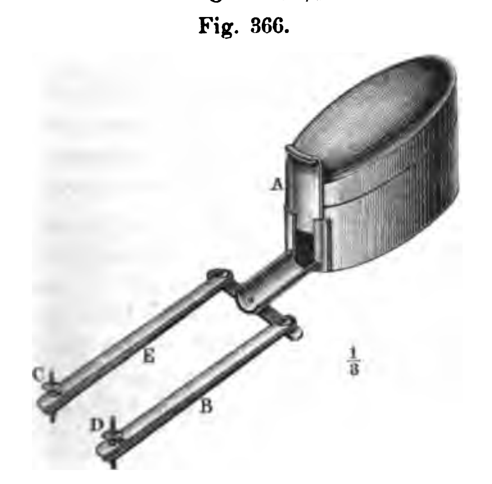
[1]) Haller. Deux mémoires sur le mouvement du sang et sur les effets de la saignée, p. 208. 1756.

[2]) Spallanzani. Physikalische u. mathem. Abhandlungen S. 71. 1769.

[3]) Cohnheim. Ueber Entzündung und Eiterung. Virchow's Arch. Bd. 40, S. 27. 1867.

dass dem Frosche irgend eine Verletzung zugefügt werden soll. In einem solchen Falle bedient man sich des Emmert'schen [1]) Froschhalters. Derselbe Fig. 366, $^1/_3$ nat. Gr., besteht aus einer mit einem Deckel verschliessbaren Blechbüchse, an welcher sich eine seitliche Oeffnung befindet, die durch einen Schieber *A* verschlossen werden kann. An der seitlichen Oeffnung befindet sich eine Rinne, und an dieser zwei bewegliche Bügel *B* und *E*, die durch die Schrauben *C* und *D* erweitert oder verengt werden können. Der Frosch, dessen Blutbewegung beobachtet werden soll, wird in feuchte Leinwand gewickelt in die Büchse gesetzt, die Büchse verschlossen, ein Fuss durch die seitliche Oeffnung gezogen und derselbe durch Herablassen des Schiebers *A* festgestellt, jedoch so, dass kein störender Druck stattfindet. Die Zehen werden zwischen den Platten der Bügel *B* und *E* mittelst der Schrauben *C* und *D* befestigt. Da sich die Bügel *B* und *E* in horizontaler Richtung bewegen lassen, so kann man die Schwimmhaut zwischen den Zehen mehr oder minder ausspannen.

Fig. 366.



ε. Der Blutumlauf bei Froschlarven. Man umwickelt dieselben bis auf den Schwanz mit feuchtem Löschpapier, legt das eingewickelte Thier auf einen Objectträger und giesst von Zeit zu Zeit Wasser auf den Schwanz und das Papier. Sind die Thiere nicht sehr gross, so genügt es nach Weber [2]), dieselben einfach auf einen befeuchteten Objectträger zu legen. Wird das Thier stets feucht gehalten, so bleibt es ruhig liegen. Den Blutumlauf im Schwanze der Froschlarven sah schon Leeuwenhoek [3]).

---

[1]) Emmert. Ueber Entzündung. Beiträge zur Pathologie und Therapie mit besonderer Berücksichtigung der Chirurgie. S. 45. 1842.

[2]) Weber. Ueber die in den Adern lebender Frösche und Froschlarven sichtbare Bewegung von Körnchen, welche die Gestalt der Lymphkörperchen haben, und über die Geschwindigkeit, mit welcher sie sowohl als die Blutkörperchen in den Haargefässen sich bewegen. Arch. f. Anat., Phys. u. wissensch. Med. Jahrg. 1838, S. 466. 1838.

[3]) Leeuwenhoek. Arcana naturae detecta. Epist. 65, p. 171. Delphis Batavor. 1695.

ζ. Der Blutumlauf in den Hautgefässen des Frosches kann nach einer Beobachtung Hüter's bei auffallendem Lichte namentlich an den Stellen gut wahrgenommen werden, wo wenig Pigment vorhanden ist, z. B. am Halse, der Brust und Bauchhaut etc. Besonders gefässreich ist die Haut oberhalb der Symphyse und der Leistengegend.

Der Frosch wird curaresirt und auf dem Rücken auf den Objecttisch des Mikroskopes gelegt. Das auffallende Licht darf nicht zu hell sein, da die Haut durch dasselbe ein schillerndes Aussehen bekommt. Die Beobachtung kann nur bei schwacher Vergrösserung vorgenommen werden.

Das oberste Capillargefässnetz der Haut des Frosches besteht aus viereckig angeordneten Anastomosen, zwischen welchen die verschiedenartigen Drüsen mit ihren Ausführungsgängen eingelagert sind. Je nach der Grösse derselben sind die Vierecke grösser oder kleiner. Bernstein [1]) hält dafür, dass das Studium des normalen Kreislaufs in der Haut des Frosches vor dem in der Schwimmhaut ausser dem grösseren Gesichtsfelde eine mannigfachere Anordnung der grösseren und kleineren Gefässe voraus hat.

d. **Die Beobachtung des Kreislaufs warmblütiger Thiere** geschah wohl zuerst durch Cowper [2]), der hierzu das Mesenterium kleiner Hunde und Katzen benutzte. Die Methode der Untersuchung ist durch die Anwendung der Narcotica, wie Morphium, Aether, Chloroform, Chloral etc., sehr vereinfacht worden. Sobald das Thier narcotisirt ist, wird ein Stück Darm hervorgezogen und ein entsprechendes Stück Mesenterium über die Oeffnung einer durchbohrten ebenen Holz- oder Korkplatte ausgebreitet und diese auf das Loch des Objecttisches des Mikroskopes eingestellt.

Vorzüglich eignen sich zu diesen Untersuchungen nach Wagner [3]) junge Thiere, 2 bis 4 Tage alte Kaninchen, Kätzchen, Hunde etc. Am Anfange der Beobachtung beschlagen sich die Linsen in Folge der Wasserverdunstung, die aus dem warmen thierischen Gewebe stattfindet. Will man sich hiervor schützen, so muss man die Linsen erwärmen. Wie man dabei zweckmässig verfährt, haben wir S. 253 angegeben.

---

[1]) Bernstein. Beiträge zur Beobachtung des Blutkreislaufs bei auffallendem Licht, mit besonderer Berücksichtigung der Hautgefässe des Frosches. S. 5. 1873.

[2]) Cowper. An Account of divers Schemes of Arteries and Veins, Dissected from Adult human Bodies, and given to the Repository of the Royal society by John Evelyn, Esq. To which are subjoyn'd a Description of the Extremities of the Vessels, and the manner the Blood is seen, by the Microscope, to pass from the Arteries to the Veins in Quadrupeds when living. Philos. Trans. Vol. 23, p. 1182. 1704.

[3]) Wagner. Ueber eine neue Methode der Beobachtung des Kreislaufs des Blutes und der Fortbewegung des Chylus bei warmblütigen Thieren. Nachr. von der Georg-August's-Univ. und der königl. Gesellsch. der Wissensch. zu Göttingen 1856. S. 220. 1856.

e. **Der embryonale Kreislauf** kann bei Hühnereiern vom dritten oder vierten Bebrütungstage in seinem ganzen Umfange übersehen werden, eine Beobachtung, die schon Spallanzani[1]) machte.

Die Eröffnung des Eies und die Ausbreitung der Keimhaut auf dem Objectträger erfordert besondere Vorsicht.

Die Bebrütung des Eies lässt man entweder durch eine Henne vornehmen, die dem Brütgeschäfte zur Zeit obliegt, oder man bringt das frisch gelegte Ei in einen Brütofen. Als solchen kann man jeden chemischen Trockenapparat benutzen, der durch Wasser geheizt wird. Das Ei, das wie v. Baer[2]) erprobte, horizontal liegen muss, umgiebt man ringsum mit einer dicken Schicht Baumwolle und hält die Temperatur im Apparat durch einen Thermoregulator zwischen 37 und 40° C. Die Temperatur kann zwar etwas über 40° steigen, soll aber nie unter 37° sinken.

Die Eröffnung des Eies geschieht nach Foster und Balfour[3]) am besten in einem Behälter, der mit 0·75 proc. auf 37° C. erwärmter Kochsalzlösung gefüllt ist und das Ei vollständig bedeckt, durch einen Schlag an dem breiten Ende über der Luftkammer, um die Luft, die hier angesammelt ist, zum Entweichen zu bringen. Anstatt die Schale durch einen Schlag zu öffnen, kann man sie auch an einer Stelle anbohren und die Oeffnung mit einer Scheere erweitern. Nach behutsamer Entfernung von ungefähr einem Drittel der Schale trennt man mit einer feinen Scheere die Schalenhaut. Während der ganzen Zeit der Präparation muss die Temperatur auf ungefähr 37° C. erhalten bleiben.

Hierauf schneidet man mit einer feinen Scheere die Keimhaut etwa 2 mm von der Vena terminalis rundherum aus, spült dieselbe in ein möglichst flaches Uhrschälchen und wäscht, wenn etwa Dottermasse anklebt, vorsichtig ab. Man überträgt die Keimhaut unter warmer Salzlösung auf einen Objectträger, reinigt denselben auf der unteren Seite von Flüssigkeit und deckt vorsichtig ein Deckgläschen darüber.

Zur mikroskopischen Beobachtung bringt man den Objectträger auf einen heizbaren Objecttisch und sorgt dafür, dass das Präparat reichlich mit Flüssigkeit umspült wird.

2. Die Dauer des Kreislaufs.

Hering[4]) gebührt das Verdienst, zuerst eine Methode angegeben zu haben, die Zeit experimentell zu ermitteln, welche das Blut zur Vollendung eines Umlaufs braucht. Diese Methode besteht darin, dass

---

[1]) Spallanzani. De'fenomeni della circolatione observate nel giro universale dei Vasi. p. 143. 1773.

[2]) v. Baer. Ueber Entwickelungsgeschichte der Thiere. S. 4. 1828.

[3]) Foster und Balfour. Grundzüge der Entwickelungsgeschichte der Thiere. Deutsch von Kleinenberg. S. 239. 1876.

[4]) Hering. Versuche, die Schnelligkeit des Blutumlaufs und der Absonderung zu bestimmen. Tiedemann und Treviranus. Zeitschr. für

eine Lösung einer durch Reagentien leicht nachweisbaren Substanz in ein Gefäss injicirt und die Zeit bestimmt wird, nach welcher der durch die Strömung des Blutes fortgeführte Stoff an der entgegengesetzten Seite der geöffneten Blutader oder in der gleichnamigen Vene, also einer dem Ausgangspunkte gleichwerthigen Stelle wieder zum Vorschein kommt. Als Versuchsthiere benutzte Hering Pferde und als Injectionsflüssigkeit eine 12proc. Ferrocyankaliumlösung. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass nach Blosslegung beider Jugularvenen in die eine etwa 30 cbcm Flüssigkeit injicirt wurde, während die andere in demselben Momente oder mit Berücksichtigung des von Volkmann[1]) erhobenen Einwandes, dass bei diesem Verfahren durch die gleichzeitige Oeffnung der anderen Vene das Ausströmen des Blutes beschleunigt werde, erst nach 20 bis 30 Secunden geöffnet wurde. Das ausfliessende Blut wurde in besonderen Gefässen aufgefangen, die alle fünf Secunden gewechselt wurden. Ein Versuch dauerte 50 bis 60 Secunden. Die Blutproben blieben 24 Stunden stehen, um die Serumbildung abzuwarten. Von dem Serum jeder Portion wurden 1 bis 2 Tropfen auf weisses Papier gebracht und denselben ein Tropfen einer 12proc. Eisenvitriollösung zugefügt. Mit dem Auftreten der blauen Färbung in den Mischungen war die Anwesenheit des Ferrocyankaliums nachgewiesen. Dies war meist bei der fünften oder sechsten Portion der Fall, so dass mithin das Blut 25 bis 30 Secunden brauchte, um von der Jugularis der einen Seite durchs rechte Herz, die Lungen, das linke Herz und die Bahnen des grossen Kreislaufs zur Jugularis der anderen Seite zu gelangen. Poiseuille[2]) hat diese Versuche im Allgemeinen mit dem nämlichen Erfolge wiederholt.

Vierordt[3]) hat die Hering'sche Methode zur Anwendung bei kleineren Thieren brauchbar gemacht, indem er ein exacteres Verfahren in der Zeitmessung, der Ansammlung der einzelnen Blutproben und der Reactionsmethode auf das Ferrocyankalium angab. Zu dem Ende construirte er einen besonderen Apparat. Derselbe, Fig. 367, $^1/_{10}$ nat. Gr., besteht aus einem mit mehreren Speichen versehenen Messingring von 60 cm Durchmesser, der auf das Uhrwerk des Ludwig'schen Kymographions gesetzt wird. Auf diesen Ring wird genau centrirt eine Scheibe

---

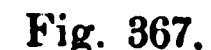
Physiol. Bd. 3, S. 85. 1829. Derselbe. Versuche über das Verhältniss zwischen der Zahl der Pulse und der Schnelligkeit des Blutlaufs. Ibid. Bd. 5, S. 58. 1833. Derselbe. Versuche über einige Momente, die auf die Schnelligkeit des Blutlaufs Einfluss haben. Arch. für physiol. Heilkunde. Jahrg. 12, S. 112. 1853.

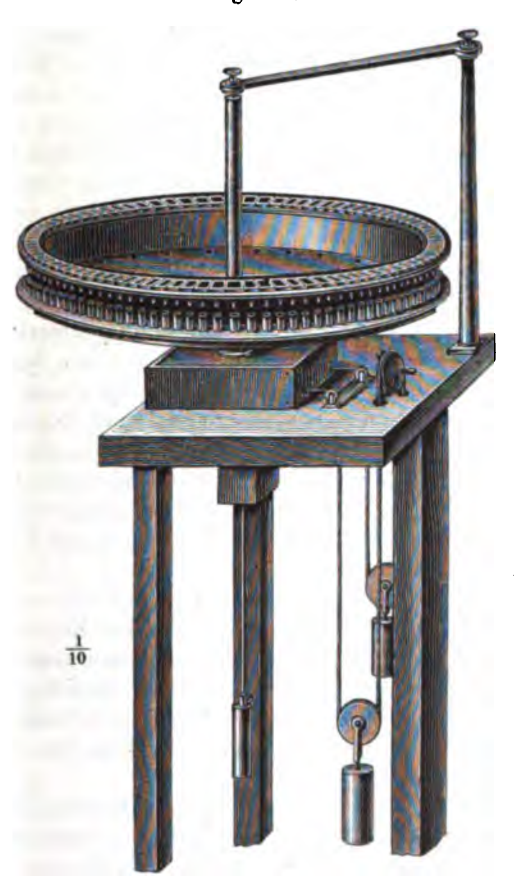
[1]) Volkmann. Die Hämodynamik nach Versuchen. S. 254. 1850.

[2]) Poiseuille. Recherches sur l'écoulement des liquides, considéré dans les capillaires vivans. Annal. des scienc. natur. II. sér. Zoolog. T. 19, p. [illegible] 1843.

[3]) Vierordt. Die Erscheinungen und Gesetze der Stromgeschwindigkeiten des Blutes nach Versuchen. S. 55. 1858.

von Zinkblech von gleichem Durchmesser befestigt; 3 cm von deren Rand erhebt sich ein 4 cm breiter Blechstreifen, der concentrisch mit der Peripherie der Scheibe verläuft und an dessen oberen Rand horizontal nach aussen ein 3 cm breiter Zinkstreifen angelöthet ist. Dieser


Fig. 367.



Streifen dient als Stützpunkt für einundachtzig viereckige Trichterchen, die in ihrer Mitte mit einer kurzen nach abwärts gerichteten Ausflussröhre versehen sind. Sämmtliche Trichterchen sind zu einem Stück zusammengelöthet; die ganz scharfen Ränder zwischen je zwei Trichtern bilden genaue Radien der Scheibe. Jeder Trichter besteht aus vier genau gegen die Ausflussröhre sich neigenden Flächen. Unter jeder Ausflussröhre befindet sich ein Porcellannäpfchen. Diese Näpfchen sind numerirt und stehen am Rande der unteren Zinkscheibe.

Wird zum Versuche geschritten, so bindet man in das Blutgefäss, aus welchem das Blut ablaufen soll, eine Canüle ein, versieht diese mit einem mit Hahn versehenen Ansatzstück und befestigt dasselbe so, dass die Oeffnung sich genau über der Mitte der Trichterchen befindet. Hierauf bindet man eine Canüle in das Gefäss ein, von dem aus die Dauer des Kreislaufs gemessen werden soll und befestigt daran eine Spritze, welche das Blutlaugensalz enthält. Auf ein gegebenes Zeichen beginnt man mit der Injection und setzt das Uhrwerk in Bewegung. Nach einigen Sekunden wird der Hahn, der bisher das Ausflussgefäss verschlossen hielt, geöffnet und das Blut fliesst in die unter seiner Mündung befindlichen, durch das Uhrwerk vorbeigeführten Trichterchen. Der Hahn wird so regulirt, dass nicht mehr Blut ausfliesst, als durchschnittlich bei normaler Circulation das unverletzte Gefäss passirt. Vom vierzigsten Trichterchen ab wird bei Versuchen mit Hunden kein Blut mehr aufgefangen.

Die Reaction auf das Ferrocyankalium geschieht mit Ferrichlorid. Das in den Näpfchen enthaltene Blut wird in einer kleinen Abdampfschale mit etwa dem gleichen Volumen gereinigter Thierkohle verrieben, mit etwa 15 cbcm Wasser versetzt und gekocht. Nach dem Kochen wird filtrirt und das Filtrat mit etwas Salzsäure und einem Tropfen Ferrichlorid versetzt, wobei sich zunächst meist keine Reaction zeigt; beim Abdampfen aber bilden sich Ringe, die wenn Ferrocyankalium vorhanden ist, deutlich blau, bei Abwesenheit desselben aber gelb sind. Die erste Bläuung wird in der Regel erst nach dem Erkalten und nachdem man den anfangs noch gelblichen oder grünlichen Ring mit Wasser vorsichtig abgespült hat, wahrgenommen.

Die Reaction ist ganz tadellos; sie lässt niemals im Zweifel. Sehr wichtig ist bei diesen Versuchen eine sorgfältige Regulirung des Blutausflusses, so dass man nur so viel Blut abfliessen lässt, als durch das betreffende Gefäss im unversehrten Zustand ungefähr durchströmen würde, was durch besondere Versuche festgestellt werden muss. Beim Hunde von mittlerer Grösse strömen z. B. 15 cbcm Blut durch die Curalvenen in einer Secunde.

Die Ferrocyankaliumlösung muss jedesmal frisch angefertigt werden, da sie sich beim Stehen zersetzt und dann bei Injection den Tod des Thieres veranlasst. Die Menge der injicirten Lösung betrug in den Vierordt'schen Versuchen bei Hunden 3 bis 6 cbcm.

II. Das Herz und seine Bewegung.

Das Herz besteht bei den Säugethieren und Vögeln aus vier Höhlen, nämlich zwei Vorkammern und zwei Kammern, bei den Amphibien aus zwei Vorkammern und einer Kammer, bei den Fischen aus einer Kammer nebst dem aus dieser hervortretenden Bulbus arteriosus, dem sogenannten Aortenzwiebel, und einer Vorkammer.

Das Herz ist das einzige Organ des Thierkörpers, das stets bemerkbare Zeichen seiner Thätigkeit während des Lebens giebt. Es schlägt in regelmässigen Intervallen bei den höheren Wirbelthieren sichtbarlich an die Brustwand und man hört in der Zeit zwischen zwei Schlägen zwei auf einander folgende Geräusche, die man nach Skoda's [1]) Vorgang Herztöne nennt.

Ein erfolgreiches Studium der Herzbewegung am lebenden Thiere hat die Kenntniss einer Reihe vorbereitender Operationen zur Voraussetzung. Legt man z. B. das Herz von Säugethieren bloss, um die Herzbewegung direct zu beobachten, so hat man künstliche Athmung einzuleiten, will man durch Bewegungen des Thieres bei der Beobachtung nicht gestört sein, so muss man die Thiere ätherisiren oder curaresiren etc. Wir stellen darum die Erörterung dieser vorbereitenden Operationen an die Spitze der Abhandlung der Methoden, die Herzbewegung zu erforschen. Hierauf berichten wir von der Bestimmung der Lage des Herzens, von seinem Gewichte, von der Bestimmung seines Volumens, und den Form- und Farbeveränderungen, welche das Herz während seiner Thätigkeit erfährt. Alsdann geben wir eine Anleitung, wie man eine Anschauung von dem Bau des Herzens gewinnt, beschreiben die Methoden, die Form und den Rauminhalt der Herzhöhlen zu bestimmen, handeln von der Function der Herzklappen, von dem Rhythmus des Herzens, von der Bestimmung der Schlagzahl des Herzens, vom Herzstosse, von den Herztönen, von der Bestimmung der Herzkraft und schliesslich von der Innervation des Herzens.

1. Die vorbereitenden Operationen.

Die vorbereitenden Operationen, die hier abzuhandeln sind, bestehen in Beschreibung der Methoden, das Herz bei verschiedenen Thieren blosszulegen, künstliche Respiration einzuleiten, der Aetherisirung, der Curaresirung und den Vorkehrungen zur künstlichen Verlangsamung des Herzschlages.

a. **Die Eröffnung des Thorax** geschieht bei den verschiedenen Thieren in verschiedener Weise. Wie man bei Fischen, Fröschen, Vögeln und Säugethieren verfährt, ist im Nachfolgenden enthalten:

α. Bei Fischen. Man durchstösst nach Volkmann [2]) die Schädelknochen mit einem Stilet und zerstört das Gehirn sowie das verlängerte Mark. Durch diese Operation wird die Herzbewegung nicht auffallend verändert, aber die willkürlichen Bewegungen des Thieres werden ausgeschlossen. Hierauf befestigt man das Thier auf einer rinnenförmigen Unterlage und legt durch einen Schnitt in der Medianlinie das Herz und den Aortenzwiebel frei. Während der Beobachtung muss der Fisch stets mit Wasser befeuchtet werden.

---

[1]) Skoda. Abhandlung über Percussion und Auscultation. S. 134. 1839.
[2]) Volkmann. Die Hämodynamik nach Versuchen. S. 305. 1850.

β. Bei Fröschen geht die Blosslegung des Herzens am leichtesten von statten. Man befestigt das Thier auf dem Rücken, spaltet die Haut über dem Brustbeine, hebt dieses in die Höhe und trägt es theilweise ab. Hat man die seitwärts von der Medianlinie liegende Abdominalvene nicht angeschnitten, so geht die Operation ohne weiteren Blutverlust vor sich. Zweckmässig befeuchtet man ab und zu das Thier.

γ. Bei Vögeln. Man befestigt die Thiere in der Rückenlage nach Wagner [1]) mit Flügeln und Füssen an vier Haken oder Nägeln, die in entsprechender Entfernung von einander in ein Brett eingeschlagen sind, und entfernt die Federn auf der Brust und dem Bauche. Hierauf macht man einen Längsschnitt unterhalb des Brustbeines bis gegen den After und einen Querschnitt beiderseits am Rande des Brustbeines bis zu den Rippen, hebt das Brustbein in die Höhe, geht mit dem Zeigefinger über Leber und Magen zum Herzen und löst überall die dasselbe umgebenden Membranen der daselbst liegenden Luftzelle. Die Blutung, die dabei eintritt, ist gering. Nunmehr bringt man vom Brette aus zwei hölzerne Stützen so an, dass das untere Ende des Brustbeines in die Höhe gehoben wird. Die Thiere vertragen diese Operation in der Regel mehrere Stunden.

δ. Bei Säugethieren. Man macht nach L. Fick [2]) einen Längsschnitt in der Mittellinie des Thorax durch die auf dem Sternum liegende Haut, dann legt man den Schwertfortsatz frei, schiebt unter denselben den Zeigefinger der linken Hand und schneidet mittelst einer scharfen Scheere das Brustbein durch, indem man mit dem Finger und der Scheere allmälig weiter rückt. Hierauf zieht man die Brusthälften aus einander, unterbindet möglichst hoch die Art. mammaria jederseits und trägt mit Schonung des Musc. pectoralis und des Musc. serratus anticus so viel von den Rippen ab, als zur Beobachtung des Herzens nothwendig erscheint. Jegliche Blutung muss bei der Operation sofort durch Unterbindung gestillt werden. Je mehr man Blut zu erhalten versteht, um so schöner schlägt das Herz. Die beiden Brusthälften werden durch beiderseitig angelegte sogenannte Muskelhacken aus einander gehalten. Es sind dies Bleiklötzchen von verschiedenem Gewicht, die mit einer Schnur und einem Hacken versehen sind. Bevor man zur Eröffnung des Thorax schreitet, müssen die Vorbereitungen zur Einleitung der künstlichen Respiration getroffen sein.

b. **Die künstliche Respiration** wurde von Legallois [3]) in die physiologische Methodik eingeführt. Legallois bediente sich bei seinen

---

[1]) Wagner. Ueber eine einfache Methode die Herzbewegung bei Vögeln lange Zeit direct zu beobachten. Arch. f. Anat. Phys. und wissensch. Med. Jahrg. 1860. S. 256. 1860.

[2]) Ludwig. Ueber den Bau und die Bewegungen der Herzventrikel. Zeitschr. f. nat. Med. Bd. 7, S. 218. 1849. Fick selbst hat seine Methode nicht veröffentlicht.

[3]) Legallois. Expériences sur le principe de la vie, notamment sur

Versuchen einer metallenen Spritze, deren Ansatzröhre in die blossgelegte Trachea eingebunden wurde. Die Ansatzröhre war mit einer seitlichen Oeffnung versehen. Durch Auf- und Abbewegen des Stempels der Spritze wurde abwechselnd Luft in die Lungen getrieben oder daraus entfernt, die seitliche Oeffnung der Ansatzröhre wurde dabei durch einen Finger abwechselnd geschlossen oder geöffnet. Magendie [1]) beschreibt dieses Verfahren, dessen sich z. B. Kürschner [2]) noch im Jahre 1844 bediente, in seiner Physiologie ausführlich.

Brodie [3]) benutzte zuerst zur künstlichen Respiration einen Blasebalg. Er befestigte ein Kautschukrohr in der Trachea und setzte dieses mit einem kleinen Blasebalg in Verbindung, durch welchen die Lungen aufgeblasen wurden. Hale [4]) führte die Athmungscanülen, wie sie zum Theil jetzt noch im Gebrauch sind, ein, und verband dieselben mit einem einfachen Blasebalg oder bediente sich eines doppelten Blasebalges, der so eingerichtet war, dass während die eine Hälfte sich mit frischer Luft füllte, die andere zu derselben Zeit die aus der Lunge kommende Luft aufnahm.

Steht kein Blasebalg zur Verfügung, so kann man auch dadurch künstliche Athmung unterhalten, dass man rhythmisch mit dem Munde Luft in die Lungen des Thieres einbläst; so verfuhr z. B. schon Emmert [5]).

Aus dem bisher Mitgetheilten ergiebt sich, dass zur Bewerkstelligung der künstlichen Respiration es nothwendig ist, die Trachea des Thieres blosszulegen, eine Canüle in dieselbe einzubinden und dieselbe durch einen Kautschukschlauch mit einer Vorrichtung in Verbindung zu setzen, welche Einblasungen von Luft in die Lungen stetig besorgt.

α. Die Tracheotomie wird in der Weise ausgeführt, dass man nach Entfernung der Haare am Halse mittelst einer krummen Scheere und nach Anfeuchtung der Haut in der Medianlinie einen Hautschnitt macht, die Trachea in Länge von einigen Centimetern frei präparirt, wobei man sich hütet, irgend eine Vene zu verletzen, unter der Trachea mit einer krummen Pincette einen starken Bindfaden hindurchzieht, einige Knorpelringe derselben anschneidet und in die Oeffnung eine Canüle fest einbindet.

---

celui des mouvemens du coeur et sur le siége de ce principe. Pariset. Oeuvres de Legallois. T. I. p. 60. 1824.

[1]) Heusinger. Handbuch der Physiologie von Magendie Bd. 2, S. 312. 1836.

[2]) Kürschner. Artikel „Herz" in Wagner, Handwörterbuch der Physiologie Bd. II. S. 32. 1844.

[3]) Brodie. The croonian lecture, on some physiological researches, respecting the influence of the brain on the action of the heart, and on the generation of animal heat. Philosoph. transact. P. I. p. 37. 1811.

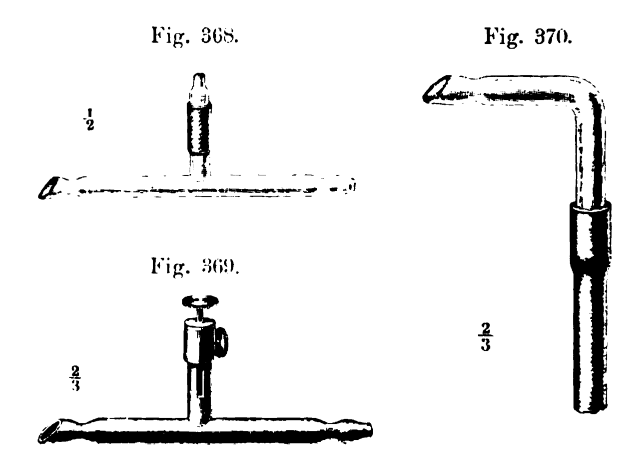
[4]) Hale. Experiments on the production of animal heat by respiration. Medic. and physic. journ. Vol. 32. p. 235. 1814.

[5]) Emmert. Einige Bemerkungen über die Wirkungsart und chemische Zusammensetzung der Gifte. Meckel's Arch. f. Physiol. Bd. I. S. 184.

β. Die Athmungscanülen sind entweder von Glas oder Messing gefertigt; das Kaliber derselben richtet sich jeweilen nach der Grösse des Versuchsthiers. Wir unterscheiden einfache und zusammengesetzte Athmungscanülen.

aa. Die einfachen Athmungscanülen

bestehen meist aus einer ⊤-förmigen Röhre. Der eine Schenkel der Röhre, welcher in die Trachea kommt, ist schief abgeschnitten, der andere Schenkel wird durch einen Kautschukschlauch mit der luftzuführenden Vorrichtung verbunden, der dritte Schenkel dient sowohl zur Entfernung der Luft aus den Lungen des Thieres, als zum Schutze derselben vor allzustarker Ausdehnung bei der Einblasung. Um letzteren Zweck in jedem einzelnen Falle bequem zu erreichen, steckt man bei Trachealcanülen auf den verticalen Schenkel der ⊤-förmigen Röhre mittelst eines Kautschukschlauches Glasröhrchen mit verschieden verjüngten Enden, Fig. 368, $^{1}/_{2}$ nat. Gr., oder man versieht dieselben bei Trachealcanülen aus Messing mit einem Spalte, der durch eine verschiebbare Hülse enger oder weiter gemacht werden kann. Fig. 369, $^{2}/_{3}$ nat. Gr., zeigt eine



derartige Trachealcanüle aus Messing, die von **Heidenhain** angegeben wurde. Steht momentan keine passende Trachealcanüle zur Verfügung, so kann man auch eine gebogene Glasröhre benutzen, die mit einem Kautschukschlauch in Verbindung gesetzt wird, der mit einem grösseren oder kleineren Loche versehen ist, durch welchen die Exspirationsluft, sowie die überflüssige Luft beim Einblasen zu entweichen vermag, wie Fig. 370, $^{2}/_{3}$ nat. Gr., erläutert.

bb. Die zusammengesetzten Athmungscanülen

unterscheiden sich von den einfachen dadurch, dass dieselben mit einem Ventil versehen sind, welches der Inspirations- wie Exspirationsluft sich nur in einer Richtung zu bewegen gestattet. Zusammengesetzte Athmungscanülen wurden von Wintrich und Czermak angegeben.

αα. Die Athmungscanüle von Wintrich [1]), Fig. 371, nat. Gr.,

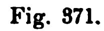


Fig. 371.



besteht aus der Hülse *A*, an welcher zwei Ansatzröhren *B* und *C* angebracht sind. Die Röhre *B* steht durch einen Kautschukschlauch mit einem Blasebalg in Verbindung, die Röhre *C* mit einer Glasröhre, welche in die Trachea des Thieres eingebunden ist, gleichfalls durch einen Kautschukschlauch. Im Innern der Hülse sind zwei schräg abgeschnittene Holzstücke eingeleimt, von denen jedes durch einen Canal durchbohrt ist. Der Canal *E* des einen Holzstückes bildet eine Verlängerung der Röhre *B*, der Canal *G* des anderen mündet durch eine in der Hülse *A* angebrachte seitliche Oeffnung nach aussen. Der Canal *E* ist durch ein Ventil *D* verschlossen. Will nun die aus dem Blasebalge kommende Luft weiter, so muss sie das Ventil *D* heben; dieses legt sich alsdann an die innere Mündung des Canals *G* an und verschliesst diesen. Die Luft dringt deshalb in den tieferen Luftcanal *F*, und gelangt von hier aus durch die Röhre *C* in die Trachea des Thieres. Die aus den Lungen kommende Luft kann nicht in den Blasebalg zurück, weil der Zugang zu diesem durch das Ventil *D* verschlossen ist, sondern entweicht durch den Canal *G* und die seitliche Oeffnung der Hülse nach aussen.

ββ. Die zusammengesetzte Athmungscanüle von Czermak [2]). Dieselbe besteht aus einem kurzen Glascylinder *A*, Fig. 372, 1/2 nat. Gr. a. f. S., dessen oberes und unteres Ende durch durchbohrte Körke verschlossen ist. In dem unteren Korke steckt eine

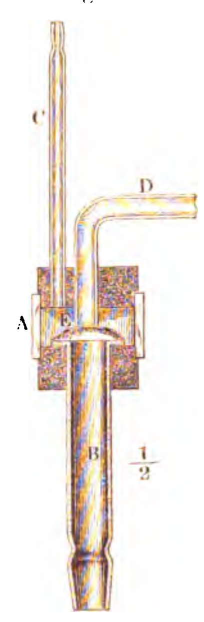
---

[1]) Wintrich. Krankheiten der Respirationsorgane. Virchow's Handb. der speciell. Path. und Therap. Bd. V, 1. Abth. S. 211. 1854

[2]) Czermak. Eine neue Canüle zur künstlichen Athmung. Dessen: Mittheilungen aus dem physiologischen Privatlaboratorium in Prag. Hft. I, S. 65. 1864.

Messingröhre *B*, die mit der luftzuführenden Vorrichtung verbunden ist, in dem oberen Korke befinden sich zwei Glasröhren *C* und *D*. Die Röhre *C* wird in die Trachea des Thieres eingebunden, die Röhre *D*, welche zweckmässig wohl gebogen ist, mündet frei in die Luft. Die Röhre *B* trägt eine ebene Endplatte, über welche eine feuchte thierische Membran *E* gebunden ist, welche zu beiden Seiten des mittleren Theiles je eine schmale, mehrere Millimeter lange Spalte besitzt. Die Röhre *D* ist unten eben abgeschnitten und ragt so tief in das Innere von *A*, dass sie sich unweit des mittleren Theiles der elastischen Membran befindet.

Fig. 372.



Wenn nun Luft beim Zusammendrücken des Blasebalges durch die Röhre *B* in den Cylinder *A* eintreten soll, so muss sie zuerst die Membran *E* von der Endplatte abheben, um ihren Weg durch die beiden Spalten in das Innere von *A* zu nehmen. Dabei wird der mittlere undurchbrochene Theil von *E* hervorgewölbt, und gegen das ebene untere Ende der Röhre *D* angedrückt, die auf diese Weise luftdicht verschlossen wird. Die in den Cylinder *A* eintretende Luft kann nur durch die Röhre *C* entweichen und gelangt von da in die Lunge des Thieres. Sowie der Blasebalg aus einander gezogen wird, um sich mit frischer Luft zu füllen, fällt die emporgewölbte Membran sofort auf die Endplatte der Röhre *B* zurück und verschliesst die Oeffnung derselben, während das Röhrenende von *D* frei wird. Die aus der Lunge des Thieres durch die Röhre *C* zurückkehrende Exspirationsluft ist dadurch gezwungen durch die Röhre *D* zu entweichen. So wiederholt sich das Spiel der membranösen Klappe bei jeder In- und Exspiration. Nothwendig ist zum vollkommenen Verschluss der Röhre *D*, dass dieselbe so tief nach unten eingestellt ist, dass ihr unteres Ende mit dem mittleren Theil der elastischen Membran in Berührung steht, sobald die Emporwölbung beginnt.

Zur Prüfung der Exactheit, mit welcher das Ventil seine Aufgabe löst, eignet sich folgendes Verfahren, das Czermak [1]) bei der Untersuchung des Verhaltens des weichen Gaumens bei der Hervorbringung der „reinen und nasalirten Vocale“ angegeben hat. Man bläst einfach die feuchte warme Luft aus dem Munde durch die Röhre *B* in den Cylinder *A* und hält einen kleinen kalten Metall- oder Glasspiegel abwechselnd vor die Mündung der Röhre *C* und *D*; vor die erstere gehalten

[1]) Czermak. Ueber reine und nasalirte Vocale. Sitzungsb. der kaiserl. Akad. der Wissensch. Math. naturw. Cl. Bd. 28, S. 576. 1858.

beschlägt sich der Spiegel sofort mit präcipitirtem Wasserdampf, vor letzterer bleibt er blank, sobald der Ventilschluss luftdicht ist.

γ. Die Vorrichtungen zum Einblasen von Luft haben zum Zweck, in bestimmten Zwischenräumen gleiche Mengen Luft durch die Trachealcanülen in die Lungen zu führen. Zu dem Ende werden Blasebälge benutzt, die entweder mit der Hand oder durch ein Uhrwerk oder sonst einen Motor getrieben werden, oder man bedient sich dickwandiger mit Ventilen versehener Kautschukbeutel, die durch einen Hebel zusammengedrückt werden, oder der zur künstlichen Athmung construirten Apparate von Thiry oder Hering.

aa. Die Blasebälge,

die zur künstlichen Respiration verwandt werden, müssen, da sie während des Versuches bei jeder Einblasung eine gleiche Menge Luft in die Lungen zu befördern haben, graduirt werden. Da diese Menge von der Grösse des Thieres abhängt, so müssen die zur Respiration zu benutzenden Blasebälge mit einer Einrichtung versehen werden, welche ihre Excursionsweite innerhalb weiter Grenzen zu wechseln gestattet, ausserdem muss die Kraft, welche die Blasebälge treibt, mit grosser Regelmässigkeit arbeiten.

Wir erörtern anbei das Verfahren, das man zum Graduiren der Blasebälge einschlägt, sprechen von der Zahl der Einblasungen und beschreiben die verschiedenen Methoden den Blasebalg in Bewegung zu setzen und deren Excursionsweite zu variiren. Die hierauf bezüglichen Einrichtungen wurden von Traube, Ludwig, Langaard, Gréhant und Stricker angegeben.

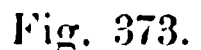
$\alpha\alpha$. Das Graduiren der Blasebälge. Das Volumen eines Blasebalgstosses lernt man nach Pettenkofer [1]) kennen, wenn man die Luft, welche bei jedem Stosse den Blasebalg verlässt, in einer mit Wasser gefüllten graduirten Glocke, die in einer pneumatischen Wanne steht, aufsteigen lässt und das Volumen der aufgefangenen Luft mehrmals misst.

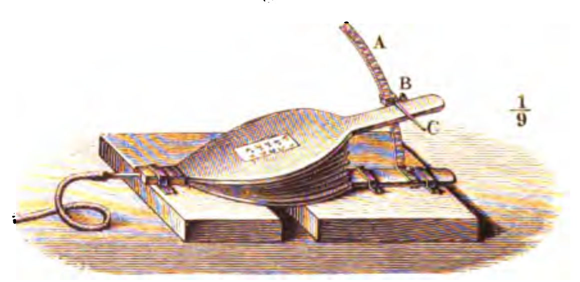
Um das Volumen der Luft zu kennen, welches ein Blasebalg bei verschiedener Excursionsweite liefert, werthet man denselben für diese ein- für allemal aus. Zu dem Ende befestigt man den Blasebalg, Fig. 373, $1/9$ nat. Gr. a. f. S., auf einem Brette, welches, um den Zutritt der Luft durch das untere Ventil zu gestatten, mit einem Ausschnitt versehen ist, bringt an dem Brette oder der unteren Handhabe einen Gradbogen an, der eine Theilung trägt und bestimmt das Volumen Luft, welches bei jedem Stosse, z. B. bei jedem fünften oder zehnten Grade, in der graduirten Glasglocke aufsteigt. Dies wiederholt man bei jeder Einstellung mehrmals.

---

[1]) Pettenkofer. Ueber eine Methode die Kohlensäure in der atmospärischen Luft zu bestimmen. Abhandl. der naturw. techn. Commission bei der königl. bayr. Akad. der Wissensch. in München. Bd. II, S. 11. 1858.

Die erhaltenen Werthe stellt man in einer Tabelle zusammen und klebt diese zweckmässig auf dem Blasebalge auf. Damit die Stösse, die mittelst des Blasebalges vollführt werden, bei verschiedener Einstellung möglichst


Fig. 373.



gleiche Mengen Luft liefern, ist an dem Gradbogen *A* ein Messingklötzchen *B* verstellbar angebracht, das mit einem seitlichen massiven Querfortsatz *C* versehen ist.

Die Menge Luft, welche bei jeder Inspiration in die Lungen des Thieres bei verschiedener Excursionsweite des Blasebalges getrieben wird, bestimmt man dadurch, dass man auf den seitlichen Ast der Athmungscanüle, welcher zur Exspiration dient, einen Kautschukschlauch befestigt und diesen im Momente, wo der Stoss des Blasebalges erfolgt, unter die mit Wasser gefüllte graduirte Glasglocke einführt. Das unter der Glocke aufgefangene Volumen subtrahirt von dem, das bei Auswerthung des Blasebalges in der vorher angegebenen Weise erhalten wurde, giebt das Volumen an, das bei jedem Stosse in die Lungen getrieben wird. Der Werth ist natürlich nur ein beiläufiger, da der Ast der Athmungscanüle, welcher hier die Luft in die mit Wasser gefüllte Glocke leitet, gewöhnlich direct in die Atmosphäre mündet. Der Werth nähert sich aber um so mehr dem wirklichen, je mehr man den Widerstand, welchen die Wassersäule darbietet, verringert.

$\beta\beta$. Die Zahl der Einblasungen, welche in der Minute zu machen sind, richtet sich nach der Grösse des Thieres und dem Zwecke, den man bei der Athmung befolgt. Unter einer geringen Zahl von Einblasungen kann man nach Traube [1]) 9 bis 12, unter einer mittleren 15 bis 20, unter einer grossen 30 und mehr Einblasungen in der Minute verstehen.

$\gamma\gamma$. Die Bewegung des Blasebalges mit der Hand oder dem Fusse muss in genauem Rhythmus erfolgen. Um einen Anhaltspunkt zu haben, dass die Hebung und Senkung des beweglichen Flügels

[1]) Traube. Versuche über den Einfluss des Lungengaswechsels auf das dem Einfluss der Nn. vagi entzogene Herz. Allg. med. Centralzeitung Jahrg. 31. S. 193. 1862.

des Blasebalges in annähernd gleichen Zeiten geschieht, folgt man nach Traube's [1]) Vorgang dem Tacte eines Metronoms. Damit die Excursionsweite des Blasebalges stets die gleiche bleibt, benutzt man entweder die Vorrichtung, die wir beim Graduiren des Blasebalges beschrieben haben, oder man bringt an den inneren Seiten der Handhabe der Blasebälge Häckchen an und verbindet dieselben durch eine Schnur oder ein gegliedertes Kettchen, denen die Länge gegeben wird, welche die Excursionsweite des Blasebalges erhalten soll.

Um den Blasebalg mit dem Fusse in Bewegung zu setzen, bringt man nach Ludwig [2]) denselben unterhalb des Vivisectionstisches an. Diese Bewegung des Blasebalges ist nach übereinstimmenden Angaben, die uns von verschiedenen Gehülfen gemacht wurden, jedoch anstrengender als die Bewegung mit der Hand; demzufolge geschehen auch die Einblasungen mit dem Fusse nicht so gleichmässig als mit der Hand.

δδ. Die Bewegung des Blasebalges mittelst eines Motors. Als Motoren benutzt man Dampfmaschinen [3]) oder Wassermotoren [4]) oder Electromotoren [5]) oder Uhrwerke [6]). Die Einstellung der verschiedenen Excursionsweiten der Blasebälge geschieht durch verstellbare Excenter, wie solche in der Mechanik bei den verschiedensten Gelegenheiten Anwendung finden. Wir geben anbei eine Beschreibung der Respirationsvorrichtungen von Ludwig, Langaard Gréhant und Stricker.

aaa. Die Respirationsvorrichtung von Ludwig

zeigt Fig. 374, $^1/_{13}$ nat. Gr. a. f. S. Dieselbe besteht aus dem Blasebalge *B*, der sich unter der Tischplatte des Vivisectionstisches befindet, dem Rädchen *A*, das an dem Blasebalge befestigt ist, dem Excenter *C* und dem Rade *D*.

Der Excenter, Fig. 375, $^1/_4$ nat. Gr., hat einen Durchmesser von 120 mm; in seiner Mitte besitzt er einen viereckigen gefalzten Ausschnitt, in dem eine eiserne Platte *P* mittelst der Schraubenvorrichtung *G* bewegt werden kann. *P* ist in der Mitte durchbohrt und mit der Axe *E* fest verbunden. Verschraubt man die Platte *P*, so wird je nach dem Grade der Verschraubung die Excentrik vergrössert oder verringert und damit die Excursionsweite des Blasebalges. Fällt der Mittelpunkt der Scheibe mit dem Mittelpunkt der Axe *E* zusammen, so ist die Excentrik der Scheibe = 0 und die Bewegung des Blasebalges hört auf; je näher da-

[1]) Traube. Zur Theorie der Digitalis-Wirkung. Allg. medicin. Centralzeitung, Jahrg. 30, S. 746. 1861.

[2]) Ludwig. Ueber den Bau und die Bewegungen der Herzventrikel. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 7, S. 217. 1849.

[3]) Physiologisches Institut zu Breslau und Leipzig.

[4]) Physiologisches Institut zu Freiburg i. B.

[5]) Physiologisches Laboratorium zu Edinburgh.

[6]) Pathologisches Institut zu Wien.

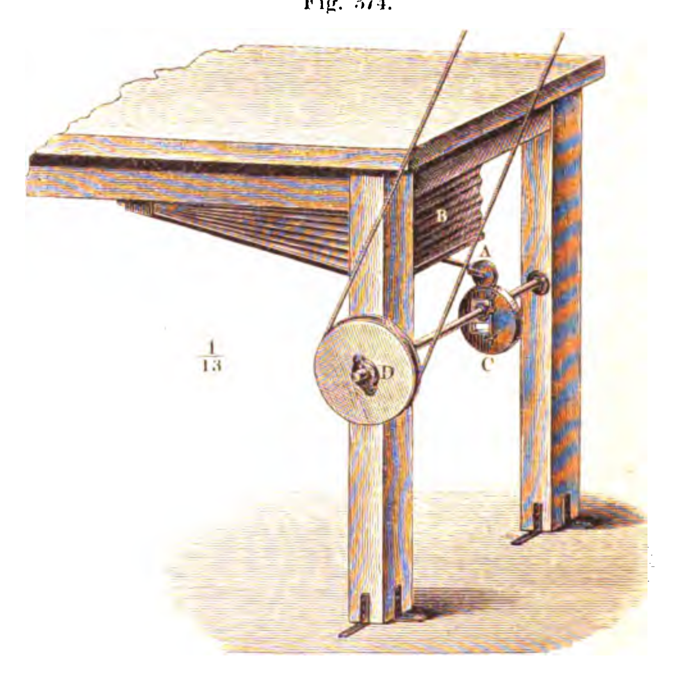
gegen die Platte P gegen die Peripherie der Scheibe verschraubt wird, desto grösser wird die Excentrik und mit ihr die Hubhöhe des Blasebalges. Da die Platte P in dem viereckigen Ausschnitt der Scheibe um 22 mm verschoben werden kann, so können demgemäss die Hubhöhen des Blasebalges zwischen 0 und 44 mm abgestuft werden.

Der Blasebalg wird mittelst Transmission durch das Rad D, Fig 374, $^1/_{13}$ nat. Gr., in Bewegung gesetzt. Der Tisch, an dem sich der Blasebalg befindet, wird am Boden festgeschraubt.

bbb. Die Respirationsvorrichtung von Langaard.

Die Bewegung des Blasebalges geschieht mittelst einer Kurbel, Fig. 376, $^1/_3$ nat. Gr., und einem an dieser befestigten Querzapfen, der in einer Schiene gleitet, die auf die Handhabe des Blasebalges aufgeschraubt ist. Der Blasebalg befindet sich auf einer unverrückbaren

Fig. 374.



Unterlage. Als Motor dient eine kleine Dampfmaschine, die mit Gas geheizt wird. Die Excursionsweite des Blasebalges wird durch Verstellen des Querzapfens in dem Schlitze der Kurbel bestimmt. Die beschriebene Vorrichtung ist im physiologischen Institute zu Breslau im Gebrauch.

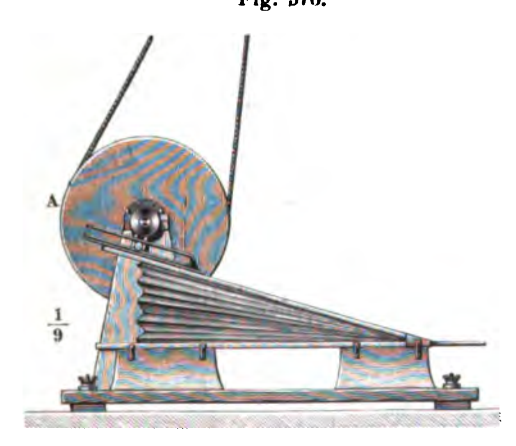
ccc. Die Respirationsvorrichtung von Gréhant[1])

zeigt Fig. 377, $^1/_{10}$ nat. Gr. a. f. S. Sie besteht aus einem eisernen Schwungrade *A*, dessen Axe in den eisernen Stützen *B* und *C* ruht. An der einen Seite der Axe ist ein Schlitz *D* befestigt, in welchem die Hebelstange *E* verstellt werden kann. *E* ist an der Handhabe des beweglichen Deckels des Blasebalges mittelst eines Kugelgelenkes, das mit einem Kniestück versehen ist, verbunden. Der Blasebalg selbst ist an einem senkrecht stehenden Brette von Eichenholz, das eine dem Ventil des Blasebalges entsprechende runde Oeffnung besitzt, angeschraubt. Die Excursionsweite des Blasebalges wird durch die Stellung des Hebels *E* in dem Schlitze *D* bestimmt.

Fig. 375.

Der Apparat wird bei Benutzung eines Motors mittelst Transmission auf eines der neben dem Schwungrade *A* befindlichen hölzernen Räder oder bei Handbetrieb mittelst der Handhabe *F* in Bewegung gesetzt.

Fig. 376.

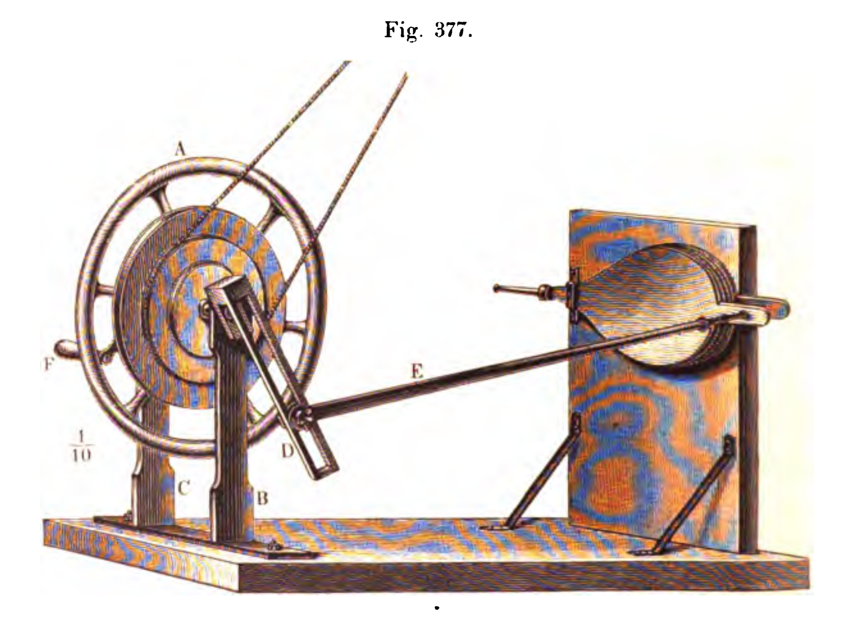


1) Gréhant. Note sur un appareil pour la respiration artificielle. Arch. de physiol. norm. et patholog. T. 3, p. 304. 1870.

ddd. Der Respirationsapparat von Stricker,

Fig. 378, 1/5 nat. Gr., besteht aus einem Federuhrwerk, das sich in dem Gehäuse *A* befindet. Das Uhrwerk wird durch das gusseiserne Rad *B*

Fig. 377.



aufgezogen und treibt den Blasebalg *E* mittelst der seitlich an demselben befindlichen Stange *C*. Das obere Ende der Stange ist in dem Ausschnitt der Kurbel *D* verstellbar. Die Grösse der Hubhöhe der Stange und damit die Excursionsweite des Blasebalges wird durch die jeweilige Befestigung der Stange in dem Ausschnitt der Kurbel *D* bedingt.

Der Apparat ist für Hunde bis 8 kg Gewicht noch ausreichend. Das Uhrwerk läuft in ungefähr 8 Minuten ab und muss dann frisch aufge-zogen werden. Es besitzt zur Sicherung des gleichmässigen Ganges ein horizontales Schwungrad *F*. Durch Drehung des Bügels *G* wird der Gang des Apparates gehemmt.

bb. Die Kautschukbeutel,

die zur künstlichen Respiration verwandt werden, sind meist von spindelförmiger Gestalt und besitzen ein Inspirations- und ein Exspirationsventil.

Sie werden entweder mit dem Fusse getreten oder zwischen zwei Querhölzern *A* und *B*, Fig. 379, $^1/_{10}$ nat. Gr., a. f. S., die an der Innenseite zur Aufnahme der Kautschukbeutel mit Höhlungen versehen und durch ein Charnier verbunden sind, mittelst der Hand zusammengedrückt. Der

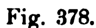
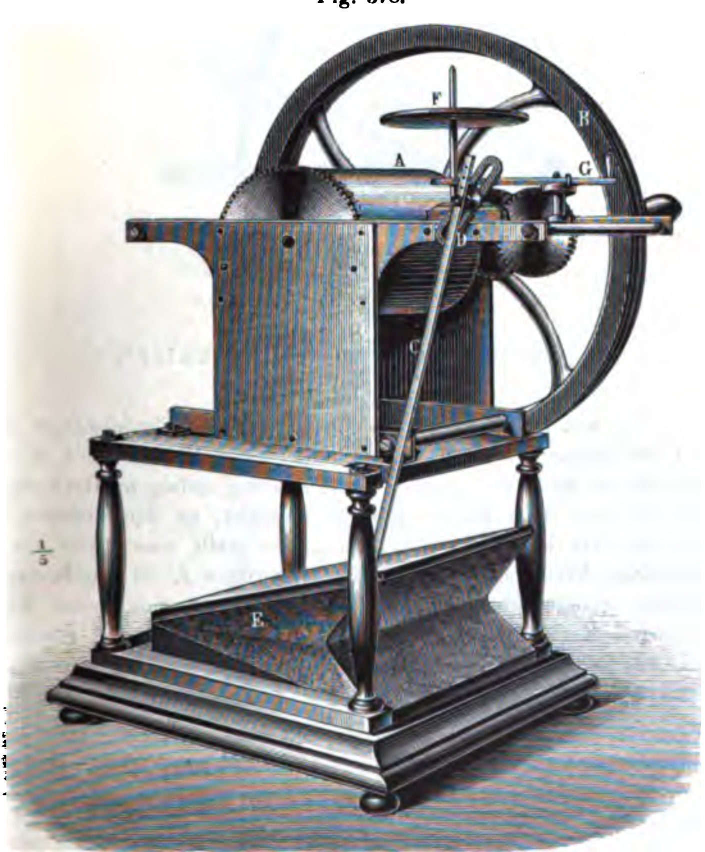


Fig. 378.



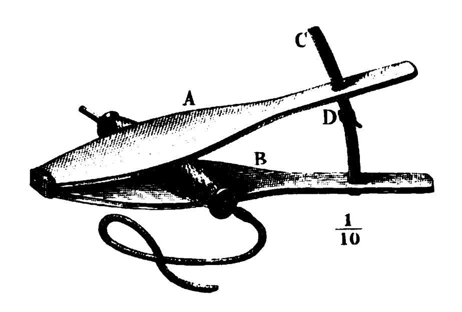
Grad der Compression wird durch ein an einem Gradbogen *C* verstellbares Metallklötzchen *D* bestimmt. Der Gradbogen ist mit Löchern versehen, ebenso besitzt das Metallklötzchen ein Loch, durch das bei seiner Einstellung ein Stift gesteckt wird.

Die Menge der bei jeder Compression geförderten Luft wird in der nämlichen Weise bestimmt, wie wir dies bei dem Graduiren der Blasebälge S. 525 angaben.

Die Compression des Kautschukbeutels lässt sich auch durch einen Motor bewerkstelligen. Eine derartige Einrichtung traf z. B. Klebs im

pathologischen Institute zu Bern. Die Compression geschah vermittelst eines an der Axe der Transmission angebrachten Excenters, wie Sapalski [1]) berichtet.

Fig. 379.



cc. **Der Respirationsapparat von Thiry** [2]).

Fig. 380, $^1/_{15}$ nat. Gr., besteht aus einer hölzernen Pendelstange *A*, die in zwei Stahlschneiden in dem Rahmen *C* des Holzgestelles *B* ruht. An dem oberen Ende von *A* ist eine kreisförmig gebogene starkwandige Glasröhre *E* von 2 cm Durchmesser angebracht, an dem unteren Ende befindet sich das Pendelgewicht *D*; dasselbe stellt eine Linse aus Blei von mehreren Kilo Gewicht dar. Die Glasröhre *E* ist theilweise mit Quecksilber gefüllt; das eine Ende derselben ist mit einem doppelt durchbohrten Korke verschlossen, in dem zwei gebogene Glasröhren stecken, die je durch einen Kautschukschlauch mit einem Ventil in Verbindung stehen.

Ersteres, Fig. 381, $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus einer Glasröhre *A*, in der zwei durchbohrte Kautschukpfröpfe eingesteckt sind. In den Durchbohrungen befinden sich Glasröhren. Die Glasröhre *B* ist schief abgeschnitten und mit einem Ring und Deckel von Messing versehen; die Glasröhre *C* steht mit der Trachealcanüle in Verbindung.

Das Ventil *G*, Fig. 380, $^1/_{15}$ nat. Gr., ist ein Müller'sches [3]) Ventil. Dasselbe besteht aus einem Glasgefässe *A*, Fig. 382, $^1/_2$ nat. Gr., a. S. 534, das

---

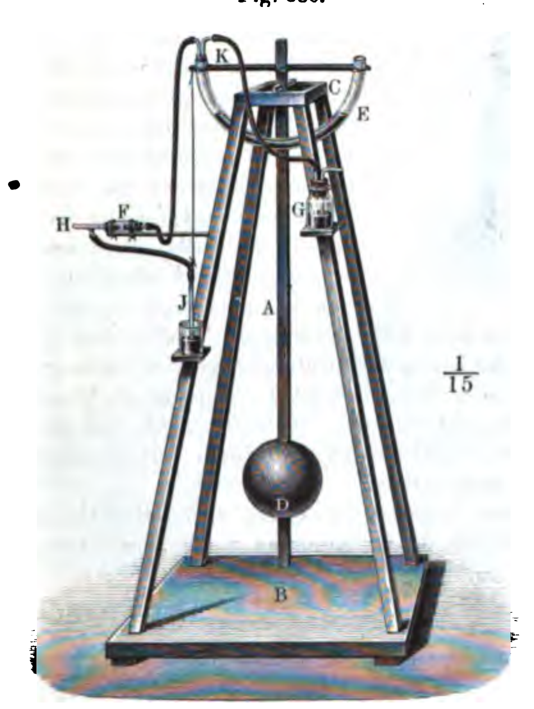
[1]) Sapalski. Beitrag zur Wundfiebertheorie mit Berücksichtigung der Wirkung des Eiters und anderer Wärme erzeugender Stoffe. Verhandl. der physik.-med. Gesellsch. in Würzburg. N. F. Bd. 3, S. 163 Anmerkung. 1872.

[2]) Thiry. Des causes des mouvements respiratoires et de la dysp[illegible] Recueil des travaux de la société médicale Allemande de Paris. p. 57. 1[illegible].

[3]) Müller. Beiträge zur Theorie der Respiration. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissensch. Math.-naturw. Cl. Bd. 33, S. 101. 1859.

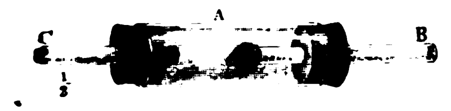
mit einem gut schliessenden Pfropfe verschlossen ist. Der Pfropfen ist doppelt durchbohrt. In den Durchbohrungen befinden sich zwei rechtwinklig gebogene Glasröhren, von denen die eine *B* fast bis an den Boden des Gefässes *A* reicht, die andere *C* aber sofort unterhalb des Pfropfens endet. In dem Gefässe *A* befindet sich Quecksilber.

Fig. 380.



Die Glasröhre *H*, Fig. 380, $^1/_{15}$ nat. Gr., wird in die Trachea des Thieres eingebunden und die seitliche Ansatzröhre derselben mittelst eines Kautschukschlauchs mit der Glasröhre *J*, die an einem Faden an dem Querbalken *K* befestigt ist, verbunden.

Fig. 381.



Wenn das Pendel in Bewegung gesetzt wird, so wird zugleich das Quecksilber in der Röhre *E* ins Rollen gebracht. Bei einem Ausschlage des Pendels nach links fliesst das Quecksilber gegen das offene Ende von *E*, in dem verschlossenen Ende aber entsteht ein luftverdünnter Raum. In Folge dessen wird Luft durch das Ventil *G* aspirirt; durch das Ventil *F* kann keine Luft eindringen, da

der Deckel der inneren Röhre einen Luftzutritt hindert und die Röhre *J* unter Quecksilber mündet. Macht das Pendel eine Bewegung nach rechts, so rollt das Quecksilber in der halbkreisförmigen Röhre *E* gegen das verschlossene Ende, comprimirt die bei der Bewegung nach links eingedrungene Luft und treibt dieselbe mit einer gewissen Gewalt durch das Ventil *F* und die Trachealcanüle *H* in die Lungen des Thieres; die Luft kann dabei durch die Glasröhre *J* nicht entweichen, da dieselbe beim Niedergang der halbkreisförmigen Röhre *E* in Folge der Bewegung des Pendels nach rechts tief in Quecksilber taucht; ingleichen ist der Weg durch das Ventil *G* gesperrt. Sobald nun das Pendel wieder eine Bewegung nach links macht, wird wieder Luft in *E* aspirirt, die Quecksilbersäule in *J* wird verringert und die Lungen treiben die Luft bei der Exspiration durch die Röhre *J* nach aussen, da das Klappenventil in *F* nur eine Bewegung der Luft in der Richtung gegen die Athemcanüle *H* gestattet.


Fig. 382.



In angegebener Weise besorgt der Apparat die künstliche Athmung ganz vortrefflich und äusserst regelmässig, wie wir uns überzeugten. Die Frequenz der Einblasungen wird durch Verschieben der Bleilinse *D* an der Pendelstange variirt.

Durch diesen Apparat hat Thiry zuerst den Gedanken praktisch ausgeführt, die künstliche Athmung unabhängig von Menschenhand besorgen zu lassen.

dd. Der Respirationsapparat von Hering

unterscheidet sich von den vorher beschriebenen Vorrichtungen zur künstlichen Respiration wesentlich dadurch, dass durch denselben nicht allein die Inspiration, sondern auch die Exspiration besorgt wird. Die nämliche Menge Luft, welche bei der Inspiration in die Lungen getrieben wird, wird bei der Exspiration wieder aus den Lungen durch Aussaugen entfernt. Die Athmung geht deshalb ausserordentlich gleichmässig vor sich.

Der Apparat, Fig. 383, $^1/_{12}$ nat. Gr., besteht aus zwei horizontal liegenden Cylindern *A* und *B* von ungefähr 16 cm Länge und 9 cm innerem Durchmesser. Die Kolben in den Cylindern bewegen sich synchronisch, da sie an einer gemeinsamen Kolbenstange *C* befestigt sind. Der Drehungspunkt *D* der Kolbenstange ist durch die Kurbelstange *E* verstellbar, die in einem besonderen Lager an dem Ständer *F* seitwärts ruht. Je nach der Drehung von *E* wird *D* hinauf- oder herabgeschraubt und in Folge dessen die Hubhöhe der Kolben in den Cylindern ver-

grössert oder verkleinert. Als Anhaltspunkt für diese dient eine seitlich angebrachte Theilung. Die Kolbenstange *C* wird durch die Pleuelstange *G* in Bewegung gesetzt, die ihrerseits wieder mit einem bei *H* angebrachten Excenter in Verbindung steht. Der Excenter erhält seine

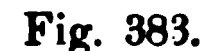
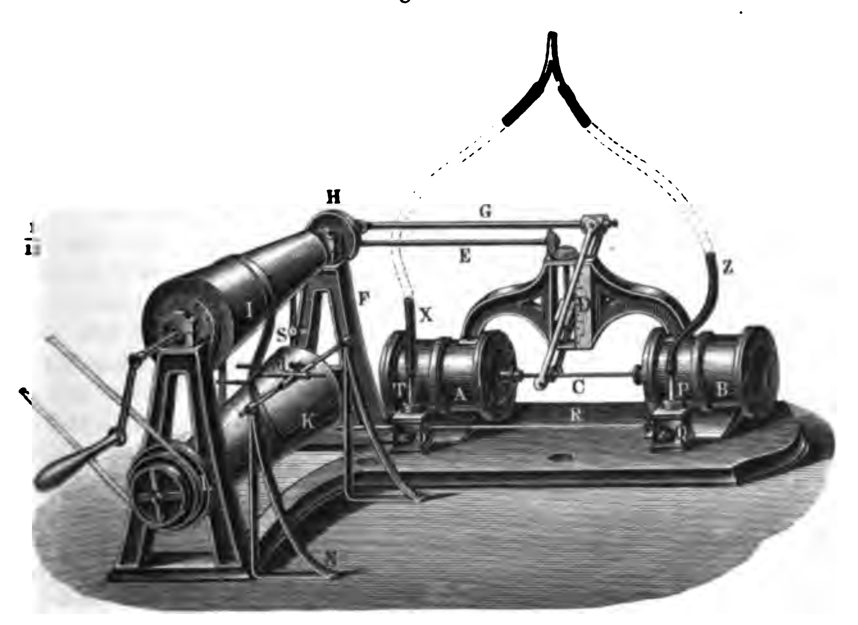


Fig. 383.



Bewegung entweder durch den Kegel *J* bei directem Handbetrieb oder durch den Kegel *K* beziehungsweise durch die Räder *L* bei Maschinenbetrieb. Damit der über die Kegel gespannte Riemen gut anliegt und sich bei der Rotation nicht verschiebt, dient die Gabel *M*, die an dem Ständer *N* verstellbar ist.

Die Kegel *J* und *K* sind in eigenen Zapfenlagern über einander angebracht. Der untere Querschnitt derselben ist dreimal so gross als der obere. Durch diesen Umstand und die aus der Figur ersichtliche gegenseitige Lage ist bei Bewegung des Kegels *J* von *K* aus die Möglichkeit gegeben, die Zahl der Umdrehungen von *J* innerhalb weiter Grenzen zu variiren. Verschiebt man nämlich den zwischen beide Kegel gespannten Riemen an das untere Ende von *K*, so dreht sich *J* dreimal in der Zeit, in der *K* eine Drehung vollendet; schiebt man dagegen den Riemen an das andere Ende, so findet das Umgekehrte statt.

Die Inspirationsluft tritt durch das Röhrchen *O* in den Cylinder *A* und wird aus demselben durch die Röhre *T* und eine mittelst eines Kautschukschlauchs darangefügte Bleiröhre *X*, die bis auf den Vivisec-

tionstisch geht, in die Lungen des Thieres befördert; die Exspirationsluft, ebenfalls durch eine Bleiröhre *Z* geleitet, tritt durch die Röhre *P* in den Cylinder *B* und wird durch das Röhrchen *Q* aus dem Apparate entfernt. Dieser Weg wird der Luft durch eine besondere Schiebervorrichtung angewiesen, welche den Zutritt der Luft nur in den Cylinder *A* und den Austritt der Luft nur durch den Cylinder *B* gestattet. Die Schiebervorrichtungen an den Cylindern sind durch eine Schieberstange *R* mit einander verbunden und werden durch eine Zugstange, deren Drehungspunkt bei *S* liegt, in Bewegung gesetzt. Die Zugstange steht mit einem Excenter in Verbindung, der sich an dem Kegel *J* befindet.

Die Einstellung des Apparates geschieht im Allgemeinen empirisch. Will man das Volumen Luft messen, welches bei einer bestimmten Stellung von *D* mit jedem Kolbenstoss in die Lungen getrieben wird, so leitet man den an der Röhre *T* befestigten Kautschukschlauch unter eine in einer pneumatischen Wanne stehende Messglocke, lässt eine Anzahl Kolbenstösse ausführen und dividirt das geförderte Volumen Luft durch die Zahl der Stösse. Der Quotient giebt das Volumen Luft an, das ungefähr bei jedem Stosse des Apparates in die Lungen getrieben wird.

Will man messen, ob die beiden Cylinder *A* und *B* ganz gleich arbeiten, so verbindet man die Kautschukschläuche an den Röhren *T* und *P* mit zwei Schenkeln einer **Y**-förmigen Röhre und befestigt auf dem dritten Schenkel eine mässig gefüllte Kautschukblase. Dehnt sich die Blase allmälig aus, so arbeitet der Inspirationscylinder stärker, nimmt die Blase allmälig an Volumen ab, so arbeitet der Exspirationscylinder stärker. Ist die Differenz sehr gross, so muss von dem Mechaniker eine Aenderung vorgenommen werden, eine geringe Differenz ist ohne Bedeutung, wie man aus der weiteren Beschreibung ersehen wird.

Die Verlängerungen der Bleiröhren *X* und *Z* enden auf dem Vivisectionstische. Von einer derselben zweigt sich ein kurzes mit einem Hahn versehenes Rohr ab. Dieses Rohr ist deswegen nöthig, weil die eingeblasene Luft in der Lunge erwärmt und ausgedehnt wird. Wären beide Röhren abgeschlossen, so bliebe nach jedem Respirationsacte ein Rest von Luft in den Lungen und den Röhren zurück. Diese Rückstände würden sich summiren und die Lunge schliesslich bis zum Zerreissen ausgedehnt werden. Damit dies nicht geschieht, dient eben das seitenständige Rohr, dessen Hahn geöffnet ist, damit die Luftspannung sich ausgleichen kann. Dieser Hahn gestattet zugleich, die Stärke der Aufblasung zu variiren, ohne dass der Apparat selbst verstellt zu werden braucht. Oeffnet man den Hahn stärker, so dringt entsprechend weniger Luft in die Lungen. Es ist gleichgiltig, ob das seitenständige Rohr an der Inspirations- oder Exspirationsröhre angebracht ist.

Handelt es sich dagegen um genaue quantitative Bestimmungen der Athmungsluft, so wird das seitenständige Rohr, dessen Hahn dann ganz geöffnet ist, durch einen Schlauch mit zwei verstellbaren Quecksilberventilen verbunden, von denen das eine nur den Austritt der Luft, das

andere nur den Eintritt von Luft gestattet. Die aus ersterem entweichende Luft wird dann ebenso untersucht, wie die aus dem Exspirationscylinder entweichende. Will man besondere Gasgemische athmen lassen, so wird das Ansatzrohr *O* am Inspirationscylinder mit dem Gasometer verbunden.

Der Apparat von Hering hat den grossen Vorzug, dass er den Blutdruck gar nicht oder höchstens nur geringfügig ändert. Die Ventilation der Lunge geschieht durch denselben viel ausgiebiger als bei sämmtlichen vorher beschriebenen, bei welchen nur die Einblasung besorgt wird. Die nur die Einblasung besorgenden Apparate leiden an dem Nachtheil, dass wenn nicht sehr selten eingeblasen wird, die Lunge in der Zeit von einer Einblasung zur anderen nicht Zeit hat, die ganze aufgenommene Luft wieder auszutreiben. Es bleibt ein Rückstand, die Rückstände addiren sich bis die Luftspannung auch bei der Exspiration in der Lunge so gross geworden, dass gleichviel ausgetrieben als eingetrieben wird. Dabei ist die Lunge immer über ihr normales Volumen ausgedehnt, was eine Herabsetzung des Blutdruckes und beim Hunde z. B. auch eine Verminderung der Pulsfrequenz zur Folge hat. Setzt man die künstliche Athmung aus, so sieht man den Blutdruck jedesmal steigen. Diese Uebelstände werden bei dem Hering'schen Apparate vermieden.

c. Die Narcotisirung der Versuchsthiere. Ludwig [1]) bediente sich hierzu in früherer Zeit des Opiums, Traube [2]) führte zu diesem Zwecke das Morphium [3]) in die physiologische Methodik ein.

Das Chloral [4]) eignet sich wegen seiner in geringer Dosis schon Blutdruck und Herzschlag beeinflussenden Wirkung, wie Rajewski [5]) und Heidenhain [6]) fanden, nicht zur Narcotisirung bei Versuchen, welche die Beobachtung der Erscheinungen am Herzen und dem Circulationsapparate zum Gegenstand haben.

[1]) Ludwig. Ueber den Bau und die Bewegungen der Herzventrikel. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 7, S. 216. 1849.

[2]) Traube. Zur Physiologie der Respiration. Allg. med. Centralzeit. Jahrg. 31, S. 297. 1862.

[3]) Das Morphin wurde 1805 von Sertüner entdeckt. Sertüner. Darstellung der reinen Mohnsäure (Opiumsäure) nebst einer chemischen Untersuchung des Opiums, mit vorzüglicher Hinsicht auf einen darin neu entdeckten Stoff und die dahin gehörigen Bemerkungen. Trommsdorff's Journ. der Pharm. Bd. 14, S. 47. 1806.

[4]) Das Chloral wurde 1832 von Liebig entdeckt. Liebig. Ueber die Verbindungen, welche durch die Einwirkung des Chlors auf Alkohol, Aether, ölbildendes Gas und Essiggeist entstehen. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. I, S. 189. 1832. Liebreich entdeckte 1869 die hypnotischen Eigenschaften des Chlorals. Liebreich. Das Chloral ein neues Hypnotikum und Anästhetikum. Berlin. klin. Wochenschr. Jahrg. 6, S. 325. 1869.

[5]) Rajewski. Ueber die Wirkung des Chloralhydrats. Centralbl. f. die med. Wissensch. 8. Jahr. S. 226. 1870.

[6]) Heidenhain. Ueber Cyon's neue Theorie der centralen Innervation der Gefässnerven. Pflüger's Arch. Jahrg. 4, S. 557. 1871.

Die Betäubung des Thieres führt man entweder durch Injection des Narcoticums in eine Vene oder durch subcutane Injection mittelst der Pravaz'schen Spritze herbei.

α. Die Injection in eine Vene geschieht bei kleineren Säugethieren am leichtesten in die Ven. jug. extern. Dieselbe wird von den meisten Forschern auch hierzu gewählt. Bei grösseren Thieren, wie Hunden, wählt man zweckmässig irgend eine grössere Hautvene.

Die Injection in die Ven. jug. extern. nimmt man in der Weise vor, dass man zunächst am Halse eine quere Hautfalte macht, dieselbe durchtrennt und nun die Haut etwas nach rechts oder links, je nach dem Schnitte, verschiebt. Meist sieht man alsdann die Vene vor sich liegen. Man isolirt dieselbe oder einen Ast derselben in Länge von einigen Centimetern durch Entfernung des Bindegewebes. Um die Vene nicht anzuschneiden, bedient man sich hierzu einer gebogenen Scheere. Hierauf führt man einen doppelten Faden unter die Vene, klemmt das centrale Ende mittelst einer Klemmpincette ab und unterbindet das periphere Ende. Die Vene ist auf diese Weise prall gefüllt; man macht einen Längsschnitt mit einer geraden Scheere und führt in die Schnittöffnung eine gebogene geköpfte Canüle ein. Die Canüle ist mit einem Hahn versehen und mit der zu injicirenden Flüssigkeit gefüllt. Hierauf entfernt man die Klemmpincette.

In das Anfangsstück der Canüle passt luftdicht die Injectionsspritze. Zweckmässig benutzt man hierzu eine Spritze, deren oberer Rand mit zwei Ringen versehen ist, in welche der Zeige- und Mittelfinger eingreifen können, der Daumen greift in den mittleren Ring ein. Eine derartige Spritze zeigt Fig. 384, $^1/_2$ nat. Gr. Bevor man injicirt, entfernt man jede Luftblase aus der Spritze dadurch, dass man sie aufrecht hält und einen geringen Druck auf den Stempel ausübt, so dass die Flüssigkeit ausläuft; hierauf füllt man das Ansatzstück der Canüle gleichfalls mit der zu injicirenden Flüssigkeit und setzt den Körper der Spritze auf. Man öffnet den Hahn der Canüle, drückt dieselbe gegen die Spritze und injicirt. Die Injection geschieht langsam. Um zu wissen, wie viel man injicirt, ist der Stempel mit einer Theilung versehen, an welcher die injicirten Cubikcentimeter abgelesen werden können.

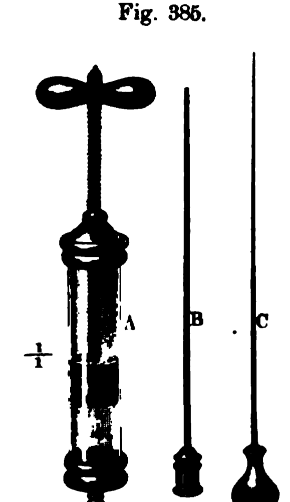
Fig. 384.



β. Die subcutane Injection geschieht mittelst der sogenannten Pravaz'schen Spritze. Dieselbe besteht in ihrer ursprünglichen Gestalt, Fig. 385, nat. Gr., aus einer Glasspritze *A*, deren Stempel durch ein Schraubengewinde bewegt wird, einer Canüle *B*, die auf das untere Ende von *A* aufgeschraubt werden kann, und einem Stilet *C*, das in die Canüle *B* genau passt. Soll eine Injec-

tion ausgeführt werden, so wird mit dem in der Canüle steckenden Stilet in das Gewebe eingestochen und nach Entfernung des Stilets die Spritze auf die Canüle aufgeschraubt. Die Flüssigkeit wird durch Drehen der Stempelstange in das Gewebe eingetrieben. Durch eine Totalumdrehung wird ein Tropfen aus der Spritze nach aussen befördert. Die Spritze war ursprünglich von Pravaz [1]) zur Injection von Ferrichlorid in Aneurysmen bestimmt. Wood [2]), der Erfinder der hypodermatischen Injection, hat die Spritze dahin abgeändert, dass er die Canüle mit einer feinen Spitze versah und den Stempel verschiebbar machte.

Fig. 385.



In ihrer jetzigen Gestalt besteht die Spritze aus einem Glascylinder, Fig. 386, $^1/_2$ nat. Gr. a. f. S., deren Fassung aus Silber oder Argentan oder, wie bei den von Leiter [3]) in Wien gefertigten, aus Hartkautschuk besteht; die Stempelstange ist mit einer Theilung versehen. An der Stempelstange befindet sich bei den meisten Instrumenten eine auf der Scale einstellbare Schraubenmutter *B*, zur genauen Abmessung der zu injicirenden Flüssigkeit, die Canüle endet in eine lanzenförmige Spitze und wird auf das untere Ende des Spritzenkörpers entweder aufgeschraubt oder aufgesteckt. Um die Canüle stets wegsam zu erhalten, steckt man in dieselbe nach dem Gebrauche einen Silberdraht oder eine Schweinsborste. Wird dieselbe dennoch unwegsam, so muss sie mit einer feinen Reibahle gereinigt werden.

Liebreich [4]) hat den glücklichen Gedanken gehabt, die Stichcanüle aus einer Legirung von Platin und Iridium anfertigen zu lassen. Derartige Canülen sind stahlhart und lassen sich, ohne an Härte zu verlieren, ausglühen. Die Spitze der Canülen darf nicht zu lang, sondern muss kurz, schräg aber spitz abgeschliffen sein.

Benutzt man Opium, so verwendet man nach Ludwig [5]) 10 bis 20 Tropfen der Tinctur, die man mit etwas Wasser verdünnt. Um die

---

[1]) Pravaz. Moyen nouveau pour coaguler instantement le sang dans les artéres. Compt. rend. T. 36, P. I, p. 88. 1853.

[2]) Wood. On a new methode of introducing medicines into the system, more espicially applicable to painful local nervous affections. Edinburgh med. and surg. journ. Vol. 82, p. 26. 1855.

[3]) Leiter. Vereinfachte subcutane Injectionsspritze. Wiener med. Wochenschr. Jahrg. 14, S. 365. 1864.

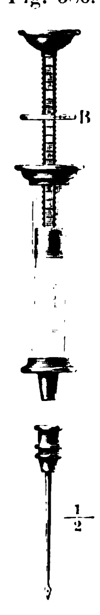
[4]) Liebreich. Verhandl. der Berlin. med. Gesellsch. Berlin. klin. Wochenschr. Jahrg. 10, S. 213. 1873.

[5]) Ludwig. Ueber den Bau und die Bewegungen der Herzventrikel. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 7, S. 216. 1849.

Mischung klarer zu machen, setzt man nach Bamberger [1]) einige Tropfen Alkohol zu.

Bedient man sich des Morphiums, so spritzt man einige Cubikcentimeter einer 0·5 bis 1proc. Lösung ein. Aus Versuchen, die wir [2]) über die physiologischen Wirkungen des Morphiumacetats anstellten, geht hervor, dass dasselbe, in mässiger Menge in den Organismus eingebracht, die Erscheinungen des Kreislaufs nur im geringen Grade beeinflusst. Bei der Injection des Alkaloides bemerkt man, namentlich wenn die Lösung stark sauer reagirt, kurze Zeit nach derselben eine enorme Aufregung des Thieres. Das Thier schreit, als ob es die heftigsten Schmerzen empfände. Diese Aufregung geht aber bald vorüber und macht einer tiefen Narcose Platz.

Fig. 386.



d. Die Curaresirung. Bernard und Flint [3]) gebührt das Verdienst, die Vergiftung mit Curare [4]) in die physiologische Methodik eingeführt zu haben. Die Anwendung desselben gründet sich auf die von v. Bezold [5]) ermittelte Eigenschaft, dass man durch geringe Curaremengen Thiere in der Weise vergiften kann, dass kein willkürlicher Muskel mehr auf Reizung seines Nerven reagirt, während das Herz kräftig weiter schlägt und die Einwirkung des N. vagus auf dasselbe in wenig veränderter Weise fortbesteht. Durch die Vergiftung mit geringen Curaremengen ist man mithin in der Lage, alle störenden Nebeneinflüsse, die durch die willkürliche Bewegung der Thiere etwa entstehen können, zu eliminiren.

Das wirksame Princip des Curare ist ein Alkaloid, das von Preyer [6]) dargestellt und mit dem Namen Curarin belegt wurde.

---

1) Bamberger. Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Herzens. Virchow's Archiv. Bd. 9, S. 336. 1856.

2) Gscheidlen. Ueber die physiologischen Wirkungen des essigsauren Morphiums. Dessen: Untersuchungen aus dem physiolog. Laborat. zu Würzburg. Bd. 2, S. 33. 1869.

3) Traube. Ueber den Einfluss der gallensauren Salze auf die Herzthätigkeit. Berlin. klin. Wochenschr. Jahrg. I, S. 146. 1864.

4) Das amerikanische Pfeilgift wurde 1595 durch den Admiral Walter Raleigh, dem Entdecker Guianas, unter dem Namen Ourari nach Europa gebracht. Encycl. Wörterb. der med. Wissensch. Bd. 36, S. 468. 1847. Das Pfeilgift wird mit verschiedenen Namen belegt. Am Orinoco und Britisch Guiana wird es Urari, in Spanisch Guiana, Curare, in Surinam, Woorara, Wurare und Wurali genannt. v. Spix und v. Martius. Reise in Brasilien. III. Thl. S. 1155 Anmerkung 1831. Nach Schomburgk wird das Gift aus dem eingedickten Saft von Strychnos toxifera R. Schomb. bereitet. Schomburgk Reise in Britisch Guiana in den Jahren 1840 bis 1844. Thl. III, S. 950. 1848.

5) v. Bezold. Ueber den Einfluss der Wuralivergiftung auf die Rami cardiaci des Nervus vagus. Allg. med. Centralzeitung. Jahrg. 27, S. 386. 1858.

6) Preyer. Sur le principe actif du curare. Compt. rend. Vol. 60, P. I, p. 1346. 1865.

Dasselbe besitzt die Formel $C_5 H_{15} N$, und ist leicht in Wasser und Alkohol löslich. Das chemische Verhalten hat neben Preyer, noch Koch[1]) in eingehender Weise studirt. Die Angaben beider Forscher widersprechen sich jedoch in vielen Punkten, worauf wir aufmerksam machen.

Die Vergiftung mit Curare geschieht entweder durch Injection in eine Vene, oder subcutan, oder auch dadurch, dass man in eine kleine Hautwunde ein kleines Stückchen trockenen oder feuchten Curares einbringt. Die eingetretene Vergiftung des Thieres giebt sich durch Aufhören der willkürlichen Bewegungen, Aufhören der Athembewegungen und Fehlen jeder Reaction auf sensible Reize zu erkennen. Bevor diese Erscheinungen indess beobachtet werden, muss künstliche Respiration eingeleitet werden.

Besteht die Curarevergiftung einige Zeit und ist während derselben künstliche Athmung unterhalten worden, so bemerkt man wieder spontane Bewegungen, wie Zuckungen etc., am Thiere. Der Grund hiervon liegt darin, dass das Curare allmälig durch die Nieren aus dem Kreislauf ausgeschieden wird, wie man denn nach einer Angabe Bidder's[2]) durch Injection des Inhaltes der Blase eines mit Curare vergifteten Thieres in den Organismus eines gesunden in diesem das vollständige Bild der Curarevergiftung hervorrufen kann.

Um die spontanen Bewegungen des Thieres zum Verschwinden zu bringen, muss das Thier aufs neue vergiftet werden. Hierzu ist selbstverständlich nicht mehr die nämliche Menge nöthig, wie bei der ersten Vergiftung.

e. **Die Verlangsamung des Herzschlags.** Die Untersuchung der Herzbewegung kann um so besser geschehen, je langsamer dieselbe vor sich geht. Um eine Verlangsamung der Herzbewegung zu erzeugen, wurden von Ludwig, Kölliker und Landois verschiedene Methoden angegeben, deren Beschreibung anbei folgt.

α. Methode von Ludwig[3]). Diese Methode gründet sich auf die von Ernst Heinrich und Eduard Weber[4]) entdeckte Thatsache, dass Reizung des durchschnittenen N. vagus Verlangsamung der Herzbewegung erzeugt. Man sucht die beiden N. vagi am Halse auf, isolirt dieselben vollständig, durchschneidet sie in der Höhe des Kehlkopfes und legt um die durchschnittenen Enden eine Schlinge. Hierauf schlägt man die N. vagi zurück, durchschneidet die freigelegte Luftröhre und befestigt

[1]) Koch. Versuche über die chemische Nachweisbarkeit des Curarins in thierischen Flüssigkeiten und Geweben. 1870.

[2]) Bidder. Beobachtungen an curarisirten Fröschen. Arch. f. Anat., Physiol. u. wissensch. Med. Jahrg. 1868, S. 605. 1868.

[3]) Ludwig. Ueber den Bau und die Bewegungen der Herzventrikel. Zeitschr. für rat. Med. Bd. 7, S. 216. 1849.

[4]) Ernst Heinrich Weber. Ueber Eduard Weber's Entdeckungen in der Lehre von der Muskelcontraction. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1846, S. 526. 1846.

auf dem Halse zwei Rinnen *A* und *B*, Fig. 387, nat. Gr., die durch eine Querleiste *C* verbunden sind, mittelst Fäden, die unter dem Halse des Thieres gekreuzt, durch die Löcher in *C* gezogen und dann um die neben diesen befindlichen seitlichen Haken geschlungen werden. Ist dieses geschehen, so führt man die N. vagi an den daran geknüpften Fäden, um sie vor Vertrocknung zu schützen, in eine Glasröhre, die zwei Stanniolblättchen enthält, an die je ein Kupferdraht angelöthet ist, und befestigt die Fäden mit Wachs. Statt der Stanniolstreifen und der Kupferdrähte ist es zweckmässig, sich Elektroden in der Weise herzustellen, dass man an eine Glasröhre zwei seitliche Ansatzröhrchen anschmilzt und durch diese Platindrähte zieht, die an Platinstreifen angelöthet sind. Sind die Platinstreifen in der Röhre zweckentsprechend gelagert, so schmilzt man die Platindrähte in die seitlichen Glasröhrchen ein. Eine derartig hergestellte Elektrode zeigt Fig. 388, nat. Gr.

Fig. 387.

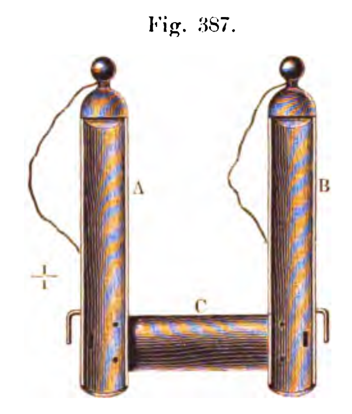
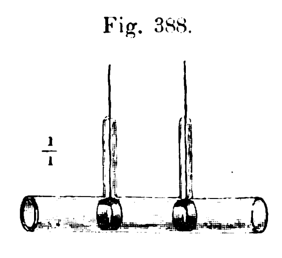


Fig. 388.



Die Elektroden legt man in die Rinnen *A* und *B*, Fig. 387, nat. Gr., deckt über jede einen rinnenförmigen Deckel und umschlingt Unterlage nebst zugehörigem Deckel mit Fäden. Auf diese Weise sind die N. vagi isolirt, vor Vertrocknung und jeder Zerrung geschützt. Verbindet man die Drähte mit einer Pohl'schen Wippe, deren Kreuz herausgenommen ist, so kann bald der eine, bald der andere N. vagus durch Inductionsströme gereizt werden.

Die Grösse der Glasröhrchen, in die die N. vagi zu liegen kommen, sowie die Unterlagen, auf denen sie zu ruhen haben, richtet sich selbstverständlich nach der Grösse des Thieres. Die Athmungscanüle, durch die die künstliche Respiration erfolgt, ruht auf der Querleiste *C*.

β. Methode von Kölliker [1]). Man hält einen mit wenigen Tropfen Chloroform imbibirten Schwamm 6 bis 8 Secunden vor Mund und Nase des Thieres. Bei Kaninchen z. B. erfolgt alsdann fast augenblicklich Stillstand der Herz- und Lungenbewegung. Nach einigen Secunden treten wieder Herzbewegungen langsam und in so grossen Intervallen ein, dass sich die einzelnen Momente derselben ohne alle

[1]) Bamberger. Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Herzens. Virchow's Arch. Bd. 9, S. 33. 1856.

Mühe leicht unterscheiden lassen. Nach einigen Herzactionen beginnt wieder die Respiration. Werden beide zu frequent, so lässt man die Thiere wieder Chloroform einathmen. Dies kann mit demselben Erfolge 10- bis 12mal und noch öfter vorgenommen werden.

γ. Methode von Landois [1]). Dieselbe gründet sich darauf, dass wenn man den Lungengaswechsel hindert, Sauerstoffarmuth und Kohlensäureüberladung im Blute eintritt; letztere wirkt erregend auf das Vaguscentrum und erzeugt eine Verlangsamung der Herzschläge. Um in dieser Weise eine Herabsetzung der Zahl der Herzschläge zu erzielen, braucht man nur, z. B. bei Kaninchen, Nase und Maul zuzuhalten.

2. Die Bestimmung der Lage des Herzens.

Die Lage des Herzens ist beim Menschen bekanntlich eine schiefe, indem sein langer Durchmesser mit dem verticalen Brustdurchmesser einen Winkel von ungefähr 50° bildet. Bei den Säugethieren ist die Herzlage eine verticale. Während der Thätigkeit des Herzens ändert sich dieselbe fortwährend.

Wir geben anbei eine Anleitung, die Lage des Herzens bei einem todten Thiere zu bestimmen und die Versuche anzustellen, die eine Anschauung von den fortwährenden Lageveränderungen des lebenden Herzens gewähren. An diese Versuche, die von Kürschner und Bamberger angegeben wurden, reihen wir die Beschreibung eines Versuches, den Kürschner ersann, um den Einfluss zu ermitteln, welchen das einströmende Blut auf die Lageveränderung des Herzens ausübt.

a. Bestimmung der Lage des Herzens im todten Thiere. Man bringt das Thier, dessen Herzlage bestimmt werden soll, in einen Zinkkasten und stellt diesen in eine künstliche Eismischung, die aus gestossenen Eisstückchen und Kochsalz bereitet wird. Durch den gefrorenen Leichnam macht man alsdann Schnitte und stellt die Lage des Herzens zum Thorax, den Lungen etc. fest. So verfuhr z. B. Hamernik [2]).

Bei derartigen Versuchen hat man zu beachten, dass die Körperstellung auf die Lage des Herzens nicht ohne Einfluss ist. Anders findet man dieselbe, wenn man das Thier auf dem Rücken liegend gefrieren lässt, anders wenn dasselbe auf dem Bauche liegt oder wenn der Cadaver in senkrechter Stellung sich befindet. Weiter hat man darauf zu achten, dass die Lage des Herzens sich je nach den Eingriffen, denen das Thier während des Lebens ausgesetzt war, oder nach der Todesart ändert. Durchschneidet man z. B. die N. vagi am Halse beim Kaninchen, so rückt

---

[1]) Landois. Graphische Untersuchungen über den Herzschlag im normalen und krankhaften Zustande. S. 2. 1876.

[2]) Hamernik. Das Herz und seine Bewegung. S. 43. 1858.

das Herz nach abwärts, wie Czermak [1]) beobachtete, lässt man das Thier verbluten, so rückt das Herz nach oben. Von dieser Thatsache kann man sich nach Brücke [2]) überzeugen, wenn man fünf Nadeln durch die fünf oberen linken Costalräume hart am linken Rande des Brustbeines einsticht und nun das Thier verbluten lässt. Die Köpfe der Nadeln richten sich schief nach unten, d. h. wegen der nachlassenden Spannung der grossen Gefässe rücken alle Theile des Herzens nach oben.

b. Beobachtung der Lageveränderung des blossgelegten Herzens. Man öffnet den Thorax in der S. 520 beschriebenen Weise, nachdem man künstliche Respiration eingeleitet. Man sieht alsdann, wie das Herz in dem Momente, wo es erschlafft, um seine Längsaxe sich von rechts nach links dreht, so dass fast nur der rechte Ventrikel gesehen wird; in der Systole aber dreht es sich von links nach rechts zurück, so dass der linke Ventrikel wieder zum Vorschein kommt. Kürschner [3]) empfiehlt zur Beobachtung dieser Erscheinung hauptsächlich die Raphe im Auge zu behalten.

c. Beobachtung der Lageveränderung des Herzens durch Blosslegen der Pleura. Nachdem man die Haut der Brust auf der linken Seite gespalten und die Pectoralmuskeln weggeschnitten hat, entfernt man die Intercostalmuskeln an den blossgelegten Intercostalräumen. Hierbei ist die grösste Behutsamkeit nöthig, um einerseits eine Verletzung der Pleura zu vermeiden, andererseits die A. mammaria und ihre grösseren Aeste zu schonen. Will man genannte Arterie unterbinden, so kann dies im zweiten Intercostalraume geschehen; im Allgemeinen ist es jedoch nicht räthlich, die Präparation bis dicht an das Sternum auszuführen. Die Entfernung der Intercostalmuskeln zwischen dem 2. bis 5. Intercostalraum muss mit grosser Vorsicht geschehen. Uebt man diese, so gelingt es, die dünne Pleura und das Pericardium so blosszulegen, dass man einen grossen Theil der vorderen Herzfläche bis zur Spitze herab ganz deutlich sehen kann. Um die Herzschläge zu verlangsamen, verfährt man, wie wir S. 542 angaben. Die hier mitgetheilte Versuchsmethode wurde von Bamberger [4]) angegeben.

d. Der Versuch Kürschner's [5]) bezweckt durch Nachahmung der Verhältnisse, wie sie während des Lebens stattfinden, am todten Thiere

---

[1]) Czermak. Kleine Mittheilungen aus dem k. k. physiologischen Institute in Pest. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissensch. Math.-naturw. Cl. Bd. 39, S. 431. 1860.

[2]) Brücke. Physiologische Bemerkungen über die Arteriae coronariae cordis. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissensch. Math.-naturw. Cl. Bd. 14, S. 348 Anmerkung. 1855.

[3]) Kürschner. Ueber den Herzstoss. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1841, S. 105. 1841.

[4]) Bamberger. Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Herzens. Virchow's Archiv. Bd. 9, S. 336. 1856.

[5]) Kürschner. Ueber den Herzstoss. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1841, S. 107. 1841.

den Einfluss zu ermitteln, den das einströmende Blut auf die Lageveränderung des Herzens ausübt. Man befestigt das todte Thier auf dem Rücken, öffnet die Brusthöhle, befreit das Herz vom Herzbeutel, unterbindet die untere Hohlvene und befestigt in der oberen Hohlvene eine mit Wasser gefüllte Spritze. Hierauf bindet man in die Herzspitze einen Faden und führt diesen über eine Rolle. An das freie Ende des Fadens wird eine Wagschale befestigt und in dieselbe soviel Gewicht gelegt, als nöthig ist, um die Spitze des Herzens in eine der normalen ähnliche Entfernung von der Wirbelsäule zu bringen. Man unterbindet die Pulmonalarterie und treibt den Inhalt der Spritze in das Herz ein, ohne besondere Gewalt anzuwenden. Sofort bläht sich der rechte Vorhof stark auf, der Ventrikel nimmt an Umfang zu, die Wagschale hebt sich, die Spitze des Herzens geht herab und das ganze Herz dreht sich stark um seine Axe von rechts nach links, so dass der linke Ventrikel sich ganz der Wirbelsäule zuwendet. Beim Zurückziehen des Stempels der Spritze sinkt die Wagschale, die Spitze des Herzens hebt sich um ebensoviel, als sie früher sank, und das Herz dreht sich in entgegengesetzter Richtung um seine Axe zurück.

Kürschner hat diese Versuche an todten Füchsen angestellt. Er gelingt aber ebenso gut an todten Hunden. Kaninchen eignen sich weniger dazu.

3. Das Gewicht des Herzens.

Bestimmungen des Gewichts des Herzens hat man in älterer und neuerer Zeit in der verschiedensten Absicht wiederholt vorgenommen. Abgesehen davon, dass man das Gewicht des wichtigen Organs kennen lernen wollte, hat man sich bestrebt, die dabei erhaltenen Werthe zur Lösung physiologischer Fragen zu benutzen oder durch sie Verständniss pathologischer Zustände zu gewinnen.

Das Gewicht des Herzens des Menschen und der Thiere ist äusserst verschieden. Bischoff[1]) fand dasselbe z. B. bei einem 69·668 kg schweren und 168 cm langen, 33 Jahre alten gesunden Mann, der durch das Fallbeil hingerichtet wurde, zu 332·2 g. Das Herz des ausgewachsenen Hundes wiegt je nach der Grösse des Thieres nach unseren Bestimmungen 9 bis 20 g, das des Kaninchens ungefähr 4 bis 5 g.

Ausgehend von dem Gedanken, dass die Kraft zweier Muskeln, welche sich im gleichen Erregungszustande befinden, durch das Gewicht ihrer Substanz gemessen werden kann, bestimmte Valentin[2]) das Gewicht der beiden Ventrikel gesondert. Zu dem Ende schnitt er nach

[1]) Bischoff. Einige Gewichts- und Trocken-Bestimmungen der Organe des menschlichen Körpers. Zeitschr. f. rat. Med. III. R. Bd. 20, S. 80. 1863.

[2]) Valentin. Ueber die gegenseitigen Massenverhältnisse der rechten und der linken Kammer des Herzens. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 1, S. 318. 1844.

Abtrennung der Vorhöfe beiderseits dicht am Rande des Septum ventriculorum die Wände der beiden Ventrikel ab. Auf diese Weise erhielt er drei Muskelstücke, bestehend aus den äusseren Scheidewänden des rechten und des linken Ventrikels und dem Septum. Hierauf entfernte er die anhaftenden Klappenstücke und Sehnenfäden an den Papillarmuskeln, trocknete die von Blut gereinigten Massen mit Fliesspapier ab und bestimmte Gewicht und Volumen derselben. Der einzelnen Kammer wurde soviel von dem Septaltheil zugeschrieben, als ihrem Gewicht oder Volumen entsprach. Auf diese Weise fand Valentin, dass sich die Wandung der rechten Kammer zu der der linken wie 1 : 2 verhält. Gegen diese Bestimmungen erhob Ludwig [1]) Einsprache, wobei er auf den verschiedenen Wassergehalt der Ventrikel aufmerksam machte.

4. Die Bestimmung des Volumens des Herzens.

Einfach ist die Bestimmung des Volumens des todten Herzens, schwieriger die des thätigen, weil dasselbe sich fortwährend ändert, indem es in der Systole einen kleineren Raum einnimmt als in der diastolischen Ruhe. Wir geben anbei eine Beschreibung der Methoden zur Bestimmung des Volumens des todten und des schlagenden Herzens.

a. Bestimmung des Volumens des todten Herzens. Man entleert das Herz vollständig von seinem Inhalte und taucht dasselbe in ein kalibrirtes Gefäss, das mit Wasser gefüllt ist, wie wir S. 31 erörterten. Aus der Erhöhung des Niveaus der Flüssigkeit in dem Gefässe ergiebt sich das Volumen. Aus vier derartigen Bestimmungen fand z. B. Ceradini [2]) im Mittel das Volumen des Herzens des Menschen = 250 cbcm.

b. Bestimmung des Volumens des thätigen Herzens. Landois hat einen sehr instructiven Versuch angegeben, mittelst dessen die Volumsschwankungen des Herzmuskels während seiner Thätigkeit leicht erkannt werden. Die Methoden, die das Volumen des Herzens bei künstlicher Durchblutung zu bestimmen gestatten, rühren von Marey, Mosso und Pagliani her. An die Mittheilung dieser Methoden reihen wir die Berechnung der Volumsschwankungen des menschlichen Herzens nach Ceradini und die Beschreibung der Upham'schen Kapsel, da mittelst derselben die Volumsbestimmung in dem Marey'schen Versuche geschieht.

---

[1]) Ludwig. Einige Bemerkungen zu Valentin's Lehren vom Athmen und vom Blutkreislauf. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 3, S. 153. 1845. Derselbe. Erwiderung auf Valentin's Kritik der Bemerkungen zu seinen Lehren vom Athmen und Blutkreislauf. Ibid. Bd. 4, S. 183. 1846.

[2]) Ceradini. Untersuchungen über Meiokardie und Auxokardie. Heidelberger Jahrb. der Literatur. 62 Jahrg. 2. Hälfte, S. 914. 1859.

α. Der Versuch von Landois[1]) beruht auf der von König[2]) ermittelten Erscheinung, dass wenn Leuchtgas über einen lufthaltigen Hohlraum zu einem feinen Gasbrenner geleitet und das Gas angezündet wird, die Flamme in die Höhe schnellt, sobald die Luft des Raums durch irgend einen Anstoss veranlasst, einen Druck auf das Gas ausübt, dagegen niedergeht, sobald der Raum sich erweitert. Weil nun Schwankungen im Luftgehalte solchen Raumes sofort an der Flamme erkannt werden, so nennt man eine derartige Flamme nach König[3]) eine manometrische Flamme, und weil die geringsten Schwankungen zur Anschauung gelangen, auch die empfindliche Flamme.

Der Versuch wird in der Weise angestellt, dass man bei grossen Hunden nach Einleiten künstlicher Respiration das Herz ausschneidet, dasselbe auf eine Glasplatte legt und es rasch mit einem Trichter bedeckt. Der Rand des Trichters wird eingefettet, so dass er luftdicht auf der Unterlage ruht. Auf das Trichterrohr wird eine ⊥ förmige Röhre aufgesetzt, deren einer Schenkel mit der Gasleitung, deren anderer Schenkel mit einer kleinen Lampe in Verbindung steht, welche eine Stichflamme liefert. Bei jeder Herzcontraction zeigt die Flamme auf das deutlichste ein Niedergehen entsprechend der Volumsverminderung des Herzmuskels.

Bei der Anstellung dieses Versuches wolle man sich an die Beobachtung Ludwig's[4]) erinnern, dass Herzen unmittelbar aus den Thieren genommen nicht so lange schlagen, als solche, die von Thieren stammen, bei denen man schon einige Zeit künstliche Respiration unterhalten hat, ingleichen an die Angabe von Czermak und Piotrowski[5]), dass nach der Reizung der Vagi das ausgeschnittene Herz im Allgemeinen öfter und länger schlägt, als wenn es einfach ausgeschnitten wird.

β. Methode von Marey[6]). Man unterbindet an dem ausgeschnittenen Herzen z. B. einer Schildkröte alle arteriellen Oeffnungen mit Ausnahme eines Astes der Aorta und alle venösen Oeffnungen mit Ausnahme einer Hohlvene. Hierauf befestigt man in den offen gelassenen Mündungen zwei Glasröhren *A* und *B*, Fig. 389, $^1/_4$ nat. Gr. a. f. S., und steckt diese luftdicht in die Durchbohrungen eines Korkes, welcher eine

---

1) Landois. Graphische Untersuchungen über den Herzschlag im normalen und krankhaften Zustande. S. 22. 1876.

2) König. Ueber ein Mittel den wechselnden Dichtigkeitszustand der Luft in tönenden Orgelpfeifen sichtbar darzustellen. Poggendorff's Annal. Bd. 122, S. 243. 1864.

3) König. Die manometrischen Flammen. Poggendorffs Annal. Bd. 146, S. 161. 1872.

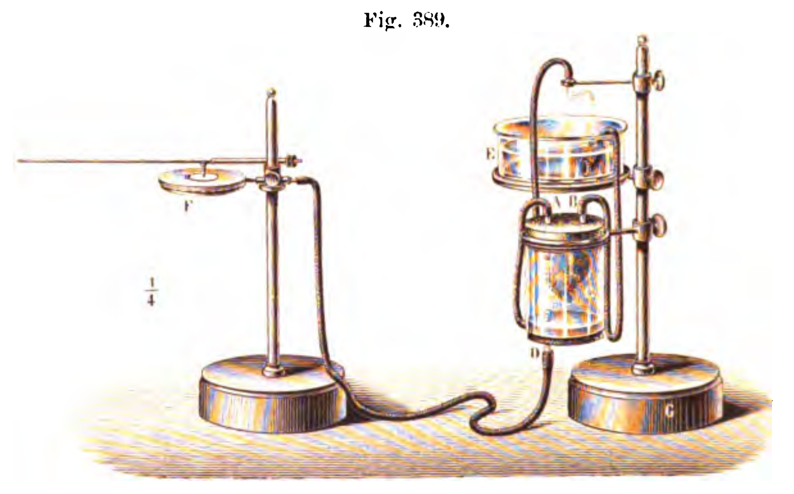
4) Ludwig. Ueber den Bau und die Bewegung der Herzventrikel. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 7, S. 206 Anmerkung. 1849.

5) Czermak und Piotrowski. Ueber die Dauer und Anzahl der Ventrikelcontractionen des ausgeschnittenen Kaninchenherzens. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissensch. Math.-naturw. Cl. Bd. 25, S. 438. 1857.

6) Marey. Mémoire sur la pulsation du coeur. Phys. expérim. Travaux du laboratoire de Marey. Année 1875, p. 51. 1876.

weite Glasröhre *C* gleichfalls luftdicht verschliesst. Die Röhre *C* ist an einem Stative *G* befestigt und an ihrem unteren Ende mit einem Korke verschlossen, in dem eine Röhre *D* eingefügt ist. An der Röhre *B* ist

Fig. 389.



ein Kautschukschlauch angebracht, der in ein Gefäss *E* taucht, das defibrinirtes Blut oder Serum enthält. Die Röhre *A* ist gleichfalls mit einem Kautschukschlauch versehen, an dessen oberem Ende eine kleine hakenförmig gebogene Glasröhre angebracht ist, die an dem Stative *G* festgehalten wird. Die Flüssigkeit in *E* strömt durch die Röhre *B* in den Vorhof, gelangt von da in den Ventrikel und wird aus demselben durch die Röhre *A* wieder in das Reservoir *E* befördert. Auf diese Weise wird der Kreislauf in dem ausgeschnittenen Herzen nachgeahmt. Um nun die Volumsänderungen, welche das Herz bei seiner Action erfährt, zu bestimmen, wird das Rohr *D* durch einen Kautschukschlauch mit der Upham'schen Kapsel *F*, die S. 551 näher beschrieben wird, in Verbindung gesetzt. Sobald das Herz sein Volumen vergrössert, geht der Hebel auf der Upham'schen Kapsel in die Höhe, sobald sich das Volumen vermindert, sinkt er. Die Aufwärtsbewegung des Hebels entspricht der Diastole, die Abwärtsbewegung der Systole. In Fig. 390, $^1/_2$ nat. Gr., stellt Curve *A* die Aufzeichnung des Hebels dar, wie sie von Marey bei seltenem Herzschlage, Curve *B*, wie solche bei häufigerem Herzschlage beim Frosche erhalten wurde.

γ. Methode von Mosso und Pagliani [1]). Der Apparat, den Mosso und Pagliani zur Bestimmung der Volumsänderungen des Herzens bei der Durchblutung construirten, bildet eine Modification eines von

---

[1]) Mosso et Pagliani. Étude critique et expérimentale sur la doctrine de l'activité diastolique du coeur, p. 20. 1877.

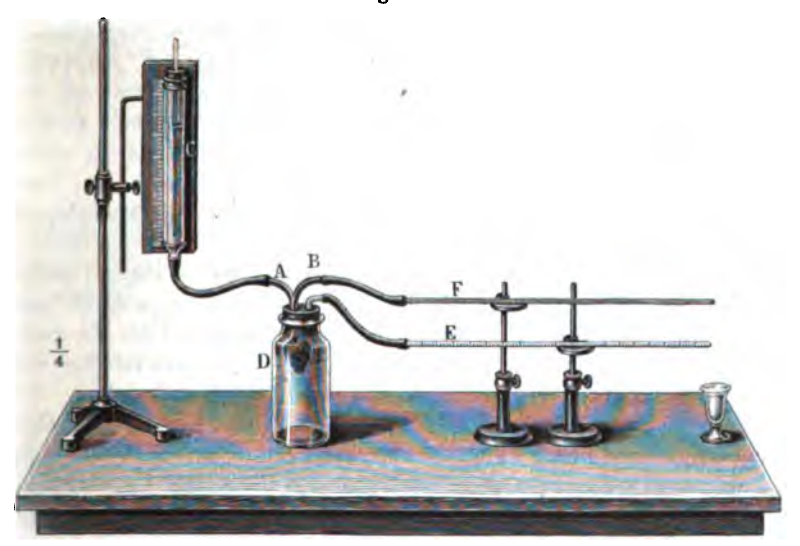
Blasius [1]) zu einem anderen Zwecke gefertigten Apparates. Derselbe, Fig. 391, 1/4 nat. Gr., besteht aus einem Gefässe *D*, das mit 0·6proc.

Fig. 390.



Kochsalzlösung gefüllt und durch einen doppelt durchbohrten Kautschukpfropfen hermetisch verschlossen ist. In der einen Durchbohrung

Fig. 391.



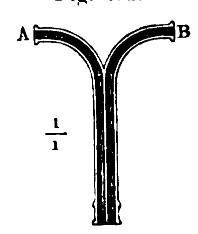
steckt eine kurze Doppelwegcanüle, auf welcher ein Froschherz aufgebunden ist, in der anderen eine rechtwinklig gebogene Röhre, die durch einen Kautschukschlauch zu der mit einer feinen Theilung versehenen Röhre *E* führt. Der Schenkel *A* der Doppelwegcanüle, die Fig. 392, nat. Gr. a. f. S., im Durchschnitt besonders abgebildet ist, steht mit dem Gefässe *C*, Fig. 391, 1/4 nat. Gr., in Verbindung, das eine Nährflüssigkeit für das Herz enthält, entweder Blutserum oder eine Mischung von 1 Thl. Kaninchenblut und

---

[1]) Blasius. Am Froschherzen angestellte Versuche über die Herzarbeit unter verschiedenen innerhalb des Kreislaufes herrschenden Druckverhältnissen. Verh. der phys.-med. Gesellsch. in Würzburg. N. F. Bd. 2, S. 55. 1872.

3 Thln. 0·6proc. Kochsalzlösung. *C* ist an seinem oberen Ende mittelst eines durchbohrten Kautschukpfropfens verschlossen; in der Durchbohrung steckt eine Glasröhre, durch deren Verschiebung nach Art der Mariotte'schen Flasche [1]) ein constanter Druck erzeugt werden kann. Der Schenkel *B* der Canüle steht durch einen Kautschukschlauch mit der horizontal liegenden Glasröhre *F* in Verbindung. Von *C* aus findet nun die Ernährung des Froschherzens statt; das Durchströmen der Ernährungsflüssigkeit kann durch die Einrichtung von *C* unter beliebigem Drucke geschehen.

Fig. 392.



Die Volumsänderungen des Herzens während seiner Thätigkeit geben sich durch die Bewegung der Flüssigkeit in der Röhre *E* zu erkennen. Während der diastolischen Dilatation des Herzens wird ein entsprechendes Volumen der Kochsalzlösung in der Röhre vorgeschoben, das bei der Systole wieder gegen das Herz zurückkehrt. Der Grad dieser Verschiebungen kann mit der grössten Genauigkeit an der Röhre, da dieselbe mit einer feinen Theilung versehen ist, bestimmt werden.

Die Röhre *E* darf nicht zu hoch gelegt werden, da mässig grosse Frösche nur einen Druck von 15 bis 20 mm Wasser überwinden; übersteigt der Druck diese Höhe, so hören die diastolischen Bewegungen des ausgeschnittenen Herzens auf.

Statt der Doppelwegcanüle kann man auch zwei einfache Canülen benutzen, von denen eine in die linke Aorta, die andere in die V. cava inferior eingebunden wird, während die rechte Aorta und die Vv. cavae superiores unterbunden werden. Die Canüle in der V. cava inferior wird mit dem Gefässe *C*, die in der Aorta mit der Röhre *F* verbunden.

δ. Berechnung der Volumschwankungen des menschlichen Herzens bei seiner Thätigkeit. Ausgehend von der Ueberlegung, dass während der Systole mehr Blut aus dem Ventrikel entleert wird, als in derselben Zeit in den erschlafften Vorhof einströmt, stellt Ceradini [2]) folgende Berechnung an.

Bezeichnet man mit *a* das Volumen des Herzens selbst mit allen seinen Sehnen, Klappen und Muskeln, mit *b* die Menge des Blutes, welche von jeder Kammer bei jeder Systole in die Arterien getrieben wird, so erhält man für das Volumen der Auxokardie *V*, worunter Ceradini denjenigen Zustand versteht, in welchem das Herz die grösste Menge Blutes enthält:

$$V = a + 2b,$$

und für das Volumen der Meiokardie *v*, wie Ceradini den entgegen-

[1]) Mariotte. Oeuvres de Mariotte. T. I, p. 363. 1717.

[2]) Ceradini. Untersuchungen über Meiokardie und Auxokardie. Heidelberger Jahrb. der Literatur. 62 Jahrg. 2. Hälfte, S. 913. 1859.

gesetzten Zustand des Herzens nennt, wenn Systole und Diastole von gleicher Zeitdauer:

$$v = a + \frac{2b}{2} = a + b.$$

Der Werth von a ergiebt sich aus Volumenbestimmungen des Herzens, wie wir S. 546 angaben. Derselbe ist 250 cbcm. Der Werth von b ist nach Vierordt[1]), ungefähr = 170 cbcm. Demnach ist:

$$V = 250 + 2.170 = 590 \text{ und}$$
$$v = 250 + 170 = 420.$$

Der Unterschied zwischen den beiden Volumina beträgt daher beim Menschen nach obiger Berechnung 170 cbcm.

Berechnet man die der Systole und der Diastole der Kammern entsprechenden Volumina, bei welchen a = obigem Werthe für die Kugelgestalt, so entspricht die Meiokardie von 420 cbcm einer Kugel von 46 mm Radius, die Auxokardie von 590 cbcm einer Kugel von 52 mm Radius. Die Differenz der Radien beider Kugeln beträgt nur 6 mm.

ε. Die Upham'sche Kapsel[2]) besteht in ihrer ursprünglichen Gestalt aus einem Trichter, über deren Rand eine Kautschukmembran ohne Spannung aufgebunden ist. Fig. 393, $^2/_3$ nat. Gr. Werden zwei solche Trichter mit einander durch einen Kautschukschlauch verbunden, und ihre Membranen durch Einblasen von Luft mässig aufgetrieben, so wölbt sich die Membran des einen Trichters in dem Momente in die Höhe, in dem auf die Membran des anderen Trichters ein leichter Druck oder Stoss ausgeübt wird. Upham benutzte zuerst diese Methode der Uebertragung einer Bewegung durch die Luft zur Demonstration des Herzrhythmus bei einem Manne, dem das Brustbein fehlte.



Fig. 393.



Buisson[3]) benützte das nämliche Verfahren bei Gelegenheit anderer Versuche, indem er den einen Trichter mit einem leichten Hebel versah, welcher seine Excursionen auf eine rotirende Papierfläche aufschrieb.

Marey zeigte die allgemeine Anwendung der Methode der Uebertragung von Bewegungen durch die Luft und vervollkommnete dieselbe. Seine Verbesserungen beziehen sich im Wesentlichen auf die Einrichtung des Hebels und dessen Einstellung. Die Upham'sche Kapsel mit Schreibhebel in der von Marey[4]) angegebenen Form besteht aus einer flachen

---

[1]) Vierordt. Die Erscheinungen und Gesetze der Stromesgeschwindigkeiten des Blutes. S. 104. 1858.

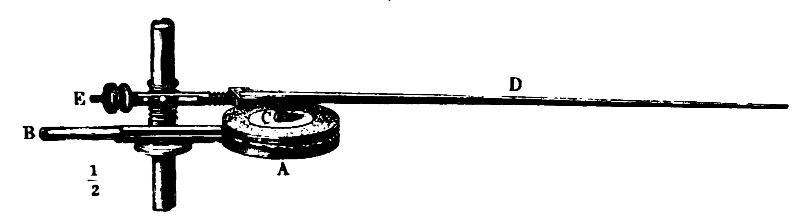
[2]) Fissura sterni congenita. New observations and experiments made in Amerika and Great Britain with illustrations of the case and instruments by Eugène Groux. p. 8. 1859.

[3]) Buisson. Quelques recherches sur la circulation. Gaz. méd. de Paris. p. 319. 1861.

[4]) Marey. Physiologie médicale de la circulation du sang. p. 56. 1863.

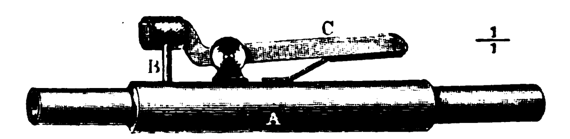
metallenen Mulde *A*, Fig. 394, $^1/_2$ nat. Gr., von ungefähr 5 cm Breite und 5 mm Tiefe, über die eine Kautschukmembran gespannt wird, auf der sich ein rundes sehr dünnes Metallplättchen *C* befindet. Auf diesem ist

Fig. 394.



ein hölzerner Steg angebracht, auf welchem der lange Schreibhebel *D* ruht. Der Schreibhebel besteht an seinen beiden Enden aus Aluminium: den mittleren Theil bildet ein dünnwandiger Streifen von Holz oder Schilf. Die Axe des Hebels ist durch die Schraube *E* verstellbar. Mit der Trommel steht durch die Röhre *B* mittelst eines Kautschukschlauches der Luftraum in Verbindung, auf welchen die zu registrirende Bewegung direct einwirkt. Die Röhre *B* und mit ihr die Trommel *A* kann in einer Metallhülse verschoben werden, die ihrerseits wieder an einem Stative verschiebbar ist. Die Trommel kann unter beliebiger Spannung aufgeblasen werden. Zu dem Ende schaltet Marey in den Kautschukschlauch, der die beiden Luftbehälter verbindet, eine kleine Messingröhre *A*, Fig. 395, nat. Gr., ein, die mit einem seitlichen Röhrchen *B*

Fig. 395.



versehen ist. Das Röhrchen *B* dient zum Aufblasen der Luftbehälter und wird durch den Bügel *C*, der mit einer Kautschuklamelle versehen ist, geöffnet oder geschlossen. Einfacher ist es, eine ⊥-förmige Röhre zu benutzen, deren aufsteigender Ast mit einem Hahn oder einem Kautschukschlauch mit Klemme versehen ist.

Eine Upham'sche Kapsel mit Schreibhebel neuester Construction nach Marey [1]) zeigt Fig. 396, nat. Gr. Die Kapsel ist durch eine Schraube *B* an einem Stative verstellbar, ingleichen der Steg *F*, der auf einer Metallplatte auf der Kautschukmembran der Kapsel ruht. Der Schreibhebel, der bei *C* eingesteckt wird, kann dadurch höher oder niedriger gestellt

---

[1]) Marey. Mémoire sur la pulsation du coeur. Physiol. expérim. Trav. du laborat. de M. Marey. Année 1875, p. 34. 1876.

werden. Bei *A* befindet sich ein Gelenk. Die Röhre *D* dient zum Ansatze eines Kautschukschlauches.

Fig. 396.



Donders [1]) stellte über die Genauigkeit der Methode des Registrirens von Bewegungen mittelst des Lufthebels Untersuchungen an. Zu dem Ende verband er die Upham'sche Kapsel durch einen Kautschukschlauch mit einem Luftbehälter, auf den durch eine Feder ein Druck ausgeübt werden konnte. Die Feder lag der Kautschukplatte des Luftbehälters, wozu Donders eine dem Stethoskop von König [2]) ähnliche Vorrichtung benutzte, an, und war mit einem Schreibstift versehen, mittelst dessen die Bewegungen der Feder auf eine rotirende Trommel aufgezeichnet werden konnten. Der Hebel der Kapsel wurde genau über dem Schreibstifte der Feder an die Trommel angelegt. Auf diese Weise wurden zwei Curven erhalten, von denen die eine, *S*, Fig. 397, nat. Gr., die Bewe-

Fig. 397.



gungen der Feder darstellt, die andere, *C*, die des Lufthebels. Der Vergleich der beiden ergiebt, dass sogar sehr complicirte Bewegungen im Allgemeinen genau wiedergegeben werden. Die Momente des Ansteigens wie des Abfallens stimmen in beiden Curven überein. Bei schnellem Steigen und Fallen jedoch geht der Lufthebel etwas zu weit.

---

[1]) Donders. Onderzoek van den cardiograaf. Onderz. ged. in het physiol. laborat. der Utrechtsche hoogeschool. T. R. I, p. 10. 1867 bis 1868. Derselbe. Zur Physiologie des Nervus vagus. Pflüger's Arch. Jahrg. 1, S. 332. 1868.

[2]) König. Neuer Apparat um Schwingungen mit möglichst geringem Verluste ihrer Intensität vom tönenden Körper zum Ohre zu leiten. Poggendorff's Annal. Bd. 122, S. 473. 1864.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Kautschukschläuchen ist der des Schalls ähnlich. Bei einer Länge der Kautschukschläuche von 0·95 m erlitt z. B. die Uebertragung einer Bewegung eine Verzögerung von 0·013 Secunden.

5. Die Bestimmung der Form des Herzens in Systole und Diastole.

Das Herz erleidet während seiner Thätigkeit eine fortwährende Aenderung in seiner Form. Die Bestimmung derselben geschieht durch Messungen. Diesbezügliche Methoden haben Wintrich und Ludwig angegeben.

a. **Methode von Wintrich**[1]. Dieselbe wurde von Wintrich ersonnen, um die Formänderungen des Herzens von Fröschen messend zu verfolgen. Man wickelt Frösche in nasse Leinwand so ein, dass dieselben keine selbstständige Bewegungen mehr machen können, lässt aber die Brust frei. Hierauf öffnet man mit grösster Vorsicht die Brust, ohne dass man den Herzbeutel ansticht. Ist letzterer unversehrt, so sieht man das Herz in dem ganz durchsichtigen Herzbeutel mit Pericardialflüssigkeit umgeben. Um nun die Formveränderungen des Herzens in Länge und Breite zu messen, klebt man an die Enden möglichst dünner etwa 3 mm breiter und 10 mm langer Glasplättchen mit Wachs Fäden und hängt diese über ein Rähmchen, das in horizontaler Lage über dem Herzbeutel des Frosches an einem Stative befestigt wird. Die Gläschen besitzen eine feine Theilung, welche halbe Millimeter abzulesen gestattet. Die Gläschen werden an den Fäden in beliebiger Richtung auf den Herzbeutel des Frosches herabgelassen und in dieser Lage an dem Rähmchen befestigt. Als Anhaltspunkte für die Herzbewegungen versieht man die äussere Fläche des Pericardiums in verschiedenen Richtungslinien in Millimeterdistanz mit Lycopodiumtupfen. Stehen stark pigmentirte Frösche zur Verfügung, so kann man die Pigmentflecke, mit denen der Ventrikel solcher Thiere reichlich versehen ist, als Merkzeichen für die Herzbewegung benutzen.

b. **Methode von Ludwig**[2]. Man ermittelt zunächst am blossgelegten Herzen eines Säugethieres den grössten Quer- und den grössten Tiefendurchmesser, indem man in einer möglichst gegen die Längsaxe des Herzens senkrechten Richtung um die Basis einen Ring aus Bleidraht legt und die hervorragendsten Stellen durch eine Marke bezeichnet. Hierauf zieht man durch die den Marken entsprechenden Punkte mittelst einer feinen Nadel seidene Fäden und knüpft das Herz, wenn man es

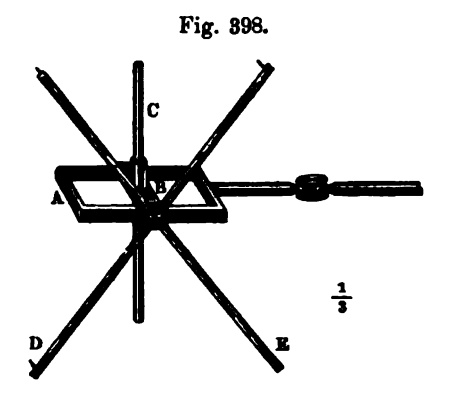
---

[1] Berner. Physiologische Experimentalbeiträge zur Lehre von der Herzbewegung. S. 15. 1859.

[2] Ludwig. Ueber den Bau und die Bewegungen der Herzventrikel. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 7, S. 203. 1849.

in einer horizontalen Lage untersuchen will, mittelst des hintersten Fadens auf ein Brettchen, das mit einem runden Ausschnitte für die aus dem Herzen abgehenden Gefässe versehen ist, und stellt dieses an einem Stative fest. Hierbei nimmt man Bedacht, die horizontale Längsaxe des Herzens möglichst parallel mit dem Brette zu bringen. Alsdann befestigt man an demselben Stative über dem Herzen ein Rähmchen A, Fig. 398, $^1/_3$ nat. Gr. in dem ein Querholz B leicht verschoben werden kann. B ist in der Mitte durchbohrt; in der Durchbohrung befindet sich ein Glasröhrchen, das über dem Punkte eingestellt wird, wo sich der obere durch das Herz gezogene Faden befindet. Man steckt nun durch das Glasröhrchen ein leichtes Holzstäbchen C und verschiebt das Querholz B so lange, bis das untere Ende von C genau auf dem Faden steht. Bei jeder Systole wird das Holzstäbchen nach oben bewegt, bei jeder Diastole sinkt es herab. Der Weg, den das Holzstäbchen dabei macht, kann durch einen daran gehaltenen Maassstab leicht gemessen und damit der Grad der Dickenzunahme, den das Herz bei der Systole in seinem Tiefendurchmesser erleidet, ermittelt werden.

Fig. 398.



Zur Bestimmung des Querdurchmessers des Herzens knüpft man an die zwei seitlich angelegten Fäden die unteren Enden zweier sich kreuzender, an ihren Enden mit Spitzen versehener Hebelarme D und E, die man in ihrer Mitte an der Verlängerung des Querholzes B befestigt. Bei langsamer Bewegung des Herzens kann durch directe Ablesung an einem vorgehaltenen Maassstab oder durch Einstellung von Zirkelspitzen die Abweichung im Querdurchmesser bei der Diastole und Systole gemessen werden, bei rascher Herzbewegung geschieht dies durch zwei mit Flüssigkeit benetzte Federchen, die an die Enden der Stäbchen gesteckt werden.

Die Veränderungen des Längendurchmessers werden mit Hülfe eines von der Basis bis zur Spitze des Herzens sich erstreckenden Zirkels gemessen.

Auf diese Weise fand Ludwig, dass bei Katzenherzen der Tiefendurchmesser bei der Systole gegenüber der Diastole um etwa 4 mm an Dicke zunimmt, während der Querdurchmesser sich bei der Systole um etwa 6 mm verringert.

6. Die Farbenveränderungen des thätigen Herzens.

Während der Thätigkeit des Herzens wechseln die einzelnen Herzabtheilungen ihre Farbe. Man sieht dies namentlich an Herzen von Fischen, Amphibien und jungen Säugethieren.

An jungen Hunden z. B. sieht man nach Kürschner[1]), während das Herz erschlafft daliegt, die Farbe vorzugsweise am rechten Ventrikel, weniger am linken, immer dunkler werden; die Herzohren werden, je mehr sie sich füllen, so dunkel, wie venöses Blut. Mit dem Eintritt der Contraction werden die Herzohren ganz blass, ebenso der Ventrikel. Der linke Ventrikel wird nie so blass, wie der rechte.

Am Herzen erwachsener Thiere sind es ebenfalls die Herzohren, welche die stärkste Veränderung erleiden; die Entfärbung ist kaum schwächer als bei jungen Thieren. Am Vorhof wird bei erwachsenen Thieren keine Farbenänderung wahrgenommen; die Entfärbung der Ventrikel bei der Contraction ist gering.

7. Von dem Bau des Herzens.

Der Bau des Herzens ist in alter und neuerer Zeit Gegenstand eifriger Forschung gewesen. Von den älteren Autoren erwähnen wir namentlich Caspar Friedrich Wolff[2]), von den neueren Winkler[3]).

Wir geben anbei einige Methoden an, durch die man eine Anschauung von dem Bau des Herzens gewinnt, indem wir von dem Bau der Herzwandung und der mikroscopischen Structur seiner Muskelfasern handeln.

a. Bau der Herzwandung. Das Herz der Säugethiere enthält zwei von einander vollständig geschiedene Systeme von Muskelfasern, die von einander durch den Annulus fibro-cartilagineus getrennt sind. Von dieser Thatsache kann man sich nach Lieutaud[4]) leicht überzeugen, wenn man ein Herz längere Zeit kocht. Der Annulus fibro-cartilagineus, der aus leimgebendem Gewebe besteht, löst sich hierbei auf und das Herz zerfällt in zwei Stücke; in gleicher Weise gelingt der Nachweis nach Aeby[5]), wenn man ein Herz in Salzsäure legt. Die Salzsäure löst den fibrösen Ring vollständig auf, und das Herz zerfällt in zwei Hälften.

---

[1]) Kürschner. Artikel: „Herzthätigkeit" in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie mit Rücksicht auf physiologische Pathologie. Bd. 2, S. 36. 1844.

[2]) Caspar Friedrich Wolff. De ordine fibrarum muscularium cordis. Act. acad. scient. imp. Petropol. pro 1780, P. II, p. 197. 1784.

[3]) Winkler. Beiträge zur Kenntniss der Herzmuskulatur. Arch. f. Anat. Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1865, S. 261. 1865.

[4]) Lieutaud. Zergliederungskunst. Bd. I, S. 611. 1782.

[5]) Aeby. Ueber die Bedeutung der Purkyne'schen Fäden im Herzen. Zeitschr. für rat. Med. III. R. Bd. 17, S. 196 Anmerkung. 1863.

Als zweckmässig fand Aeby [1] hierzu gewöhnliche rauchende Salzsäure mit soviel Wasser verdünnt, dass gerade keine weisse Nebel mehr aufsteigen.

Die Muskulatur der Vorhöfe besteht im Allgemeinen aus zwei Schichten, deren Fasern sich rechtwinklig kreuzen, einer äusseren dem Faserring parallel verlaufenden und einer inneren senkrecht gegen denselben gerichteten.

Die Muskulatur der Ventrikel bilden hauptsächlich kreisförmige Fasern, die zu Blättern von etwa 0·1 mm Dicke verbunden sind und sich in allen Richtungen kreuzen. Am besten erkennt man diesen lamellösen Bau nach Henle [2] an verticalen, senkrecht gegen die Oberfläche mit einem scharfen Messer geführten Durchschnitten von Herzen, welche einige Zeit in nicht zu sehr verdünntem Weingeist aufbewahrt wurden; frische Herzen eignen sich nicht hierzu.

Um eine Vorstellung von dem vielfach sich kreuzenden Verlauf der Muskelfasern zu gewinnen, muss man das Herz entweder, wie Lower [3] angiebt, einige Zeit kochen, oder nach Ludwig [4] in Wasser maceriren. Man kann sich dann beim Ablösen der einzelnen Muskelschichten überzeugen, dass wenn man z. B. von der Oberfläche beginnend einem Muskelbündel folgt, man nicht an der Oberfläche bleibt, sondern in das Innere des Muskelfleisches hineingelangt und an der einen oder anderen Stelle der inneren Oberfläche wieder zum Vorschein kommt. Jedesmal, wenn man eine Lage Muskelsubstanz entfernt hat, wiederholt man das Kneten des Herzens unter Wasser.

Ludwig hat, um ein Verständniss für den verschlungenen Verlauf der Muskelfasern des linken Ventrikels, der sich an eingewässerten Herzen leicht von dem rechten trennen lässt, zu gewinnen, die Hypothese aufgestellt, dass die einzelnen Fasern Schleifen und 8-Touren bilden, deren Ursprung oder Endigung wechselweise näher an der äusseren oder näher an der inneren Wandung liegen. Zur Erläuterung dieser Hypothese hat er ein Schema angegeben, nach welchem der Verlauf der Muskelfasern im linken Ventrikel vor sich geht. Um die Verhältnisse, die dasselbe lehrt, anschaulicher zu machen, benutzen wir beim Unterricht ein eiförmiges Weinglas, Fig. 399, 3/4 nat. Gr., a. f. S., dessen Fuss abgeschmolzen ist, und zeichnen auf dasselbe mit zwei verschiedenen Farben eine Schleife und eine 8-Tour auf. Die 8-Tour soll zur Demonstration der Muskelfaser dienen, deren Ursprung und Ende an demselben Orte

---

[1] Aeby. Ueber die Beziehungen der Faserzahl zum Alter des Muskels. Zeitschr. für rat. Med. III. R. Bd. 14, S. 183. 1862.

[2] Henle. Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen. Bd. III, Abthl. 1, S. 54. 1868.

[3] Lower. Tractatus de corde item de motu et colore sanguinis et chyli in eum transitu ut de venae sectione. p. 18. 1628.

[4] Ludwig. Ueber den Bau und die Bewegungen der Herzventrikel. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 7, S. 192. 1849.

zu liegen scheint, die Schleife zur Demonstration des Verlaufs der Muskelfasern, deren Ursprung näher gegen die äussere Herzoberfläche und deren Ende mehr gegen die Herzinnenfläche gelegen ist. Die eine Hälfte der Schleife ist darum auf die Aussenseite, die andere Hälfte auf die Innenseite des Glases gemalt. In der Mitte dieser Tour müssen sich Anfang und Ende der Farbe auf der äusseren und inneren Seite des Glases decken.

Fig. 399.



b. Mikroskopische Structur der Muskelfasern. Die Muskelsubstanz besteht aus quergestreiften Muskelfasern. Dieselben lassen sich, ohne Anwendung von Reagentien, nur äusserst schwierig, meist gar nicht durch Zerzupfen isoliren, da sie vielfach mit einander ein zusammenhängendes, dichtes Netzwerk bilden, eine Thatsache, die schon Leeuwenhoek [1]) bekannt war. Die Muskelfasern des Herzens unterscheiden sich dadurch von denen des Stammes, dass sie dünn sind, dass sie kein Sarcolemma besitzen und dass der Kern nicht central gelegen ist.

Von dem netzförmigen Zusammenhang der Muskelfasern gewinnt man dadurch eine Anschauung, dass man kleine Stückchen in 0·75proc. Kochsalzlösung oder Jodserum zerzupft. Um die Muskelfasern zu isoliren, legt man sie nach Weissmann [2]) in Kalilauge von 35 Proc. ein. Nach einstündigem Verweilen der Muskelfasern in dieser Lösung gelingt es leicht sie mittelst Nadeln zu isoliren.

Während bei den Muskelfasern des Stammes durch Zusatz von Wasser das Sarcolemma [3]) leicht deutlich gemacht werden kann, gelingt dies bei den Muskelfasern des Herzens nicht; Essigsäure lässt die Kerne deutlich hervortreten. Ein zur Vergleichung von einem Stammmuskel angefertigtes und mit Essigsäure behandeltes Präparat lässt den Unterschied zwischen beiden Muskelfasern sehr hervortreten.

Um sich zu überzeugen, dass der Kern der Herzmuskelfaser central gelegen ist, macht man Schnitte senkrecht zur Faserrichtung. Um die Muskelfasern zum Schnitte vorzubereiten, lässt man Herzstückchen

---

[1]) Leeuwenhoek. Opera omnia seu arcana naturae. Vol. II, p. 413. 1722.

[2]) Weissmann. Ueber die Muskulatur des Herzens beim Menschen und in der Thierreihe. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1861, S. 43. 1861.

[3]) Der Name Sarcolemma rührt von Bowman her. Bowman. On the minute structure and movements of voluntary muscle. Philosoph. Trans. 1840. P. I, p. 475. 1840. Die erste Beschreibung desselben gab Schwann. Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. S. 158. 1839.

entweder in Alkohol erhärten oder nach Cohnheim's [1]) Vorgange in einer Platinschale gefrieren. Die Schnitte werden in Wasser, Kochsalzlösung oder obiger Kalilauge zur mikroskopischen Untersuchung aufgeweicht.

8. Von der Form der Herzhöhlen.

Die Form der Herzhöhlen lernt man kennen, wenn man ein Herz, das sich in Todtenstarre befindet, an mehreren Stellen quer durchschneidet. Die Begrenzungslinie der linken Ventrikelhöhle der Herzen von Säugethieren stellt dann, wie Ludwig [2]) beschreibt, eine einer Ellipse sich nähernde Curve dar, während die der rechten mehr einen Halbmond bildet. Eine Vorstellung von der Form der Herzhöhlen gewinnt man auch, wenn man die Herzhöhlen von den Gefässen aus mit Talg füllt, nach mehreren Wochen den Talg erst mit warmem Terpentinöl, hierauf mit kochendem Aether auszieht, das Herz trocknet, firnisst und alsdann Längs- und Querschnitte durch das Herz anlegt. Auf diese Weise fertigen die Anatomen ihre Präparate. Sehr schön sieht man die Form der Herzhöhlen auch, wenn man das Herz gefrieren lässt und alsdann Querschnitte anlegt. Zu dem Ende bringt man das Herz in einen Zinkkasten und stellt diesen in eine Kältemischung von klein gestossenem Eis und Kochsalz. Die Eisstückchen, die sich dabei in den Herzhöhlen finden und die an den Wandungen haften, bricht man nach dem Vorgang Braune's [3]) mit heissen Pincetten los.

9. Bestimmung des Rauminhalts der Herzhöhlen.

Die Ermittelung des Rauminhaltes der Herzhöhlen wurde zu alter und neuer Zeit angestrebt, allein bis jetzt wurde noch keine Methode entdeckt, denselben so genau als es wünschenswerth wäre, zu bestimmen, obwohl man es auf directem und indirectem Wege versuchte. Die Methoden, die hierbei geübt wurden, können nicht in jedem Falle in Anwendung gezogen werden; anders hat man zu verfahren, wenn es gilt, den Rauminhalt der Herzhöhlen vom Menschen und grösseren Thieren zu bestimmen, anders wenn man den Herzinhalt kleinerer Thiere erfahren will. Die Methoden, die hierbei benutzt wurden, wurden von Santorini, Abegg, Brücke, Hiffelsheim und Robin angegeben. Im Anschluss an die Beschreibung dieser Methoden berichten wir von dem Verfahren Volkmann's, die Blutmenge zu bestimmen, welche bei jedem Herz-

[1]) Cohnheim. Ueber den feineren Bau der quergestreiften Muskelfaser. Virchow's Arch. Bd. 34, S. 606. 1865.

[2]) Ludwig. Ueber den Bau und die Bewegungen der Herzventrikel. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 7, S. 189. 1849.

[3]) Braune. Topographisch-anatomischer Atlas. Text zur Tafel. XVI. 1872.

schlage aus dem linken Ventrikel entleert wird und dem Versuche desselben Autors, diese Blutmenge beim menschlichen Herzen durch Rechnung zu finden. Wenn man ein Urtheil über den Werth der hierbei erlangten Zahl haben will, muss man die Genesis derselben genau kennen.

a. **Methode von Santorini** [1]). Diese Methode besteht darin, dass man die Höhlen von Herzen, deren Gewicht man bestimmt hat, mit Wasser füllt und dann die gefüllten Herzen abermals wiegt. Die Gewichtszunahme ergiebt den Inhalt der Herzhöhlen.

Dogiel [2]) hat dieses Verfahren sehr verbessert. Man nimmt nach ihm z. B. die Ausmessung des linken Ventrikels in der Weise vor, dass man nach Zerstörung der Semilunarklappe in der Aorta eine in Millimeter getheilte Glasröhre in diesem Gefässe befestigt, und die Kranzarterien unterbindet. Hierauf schneidet man den oberen Theil der Vorhöfe ab, stellt das Herz in einem Stative fest, taucht die Kammern bis an den Vorhofrand in Wasser und füllt von der Glasröhre aus die Kammern mit Wasser an. Beim Einfüllen des Wassers trägt man Sorge, dass keine Luftblasen mit eingeschlossen werden. Stehen die Atrioventricularklappen fest ein, so giesst man so lange Wasser durch die Glasröhre nach, bis der Inhalt der Kammer unter dem gewünschten an der Theilung der Röhre abzulesenden Drucke steht. Alsdann hebt man mit einer feinen Pipette das Wasser ab, welches sich über den Vorhofsklappen befindet, nimmt das Herz aus dem Stative, trocknet es von aussen, entleert seinen Inhalt in eine Schale und bestimmt das Volumen der Flüssigkeit. Zieht man von dem gefundenen Wasservolumen dasjenige des Inhaltes des angefüllten Röhrenstückes ab, so erhält man den Rauminhalt der Kammer unter dem angegebenen Druck.

Die Werthe, die man nach diesem Verfahren erhält, sind natürlich abhängig von dem Drucke, unter dem die Füllung erfolgt. So fand z. B. Dogiel, dass der linke Ventrikel eines Hundeherzens bei 480 mm Wasserdruck 61 cbcm Wasser aufnahm, während er bei 125 mm Wasserdruck nur 50 cbcm fasste.

Es leuchtet ein, dass Raumbestimmungen der Herzhöhlen, in denen nicht angegeben ist, unter welchem Drucke die Füllung geschah, werthlos sind. In einigen anatomischen und physiologischen Werken werden Zahlen für den Rauminhalt der Herzhöhlen aufgeführt, die von Legallois [3]) erhalten wurden. Zur Beurtheilung derselben sei bemerkt, dass dieser Forscher bei seinen Bestimmungen statt des Wassers Quecksilber benutzte.

---

[1]) Santorini observationes anatomicae p. 144. 1724.

[2]) Dogiel. Die Ausmessung der strömenden Blutvolumina. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. Math.-phys. Classe. Bd. 19, S. 248 Anmerkung. 1868.

[3]) Legallois. Anatomie et physiologie du coeur. Pariset. Oeuvres de Legallois T. I, p. 328. 1824.

b. **Methode von Abegg** [1]). Man legt bei Thieren durch Oeffnen des Thorax das Herz bloss, schiebt eine Ligatur unter die vom Herzen abgehenden grossen Gefässe und schnürt das Herz ab. Hierauf schneidet man das Herz sorgfältig aus, wiegt, reinigt es von Blut und wiegt abermals. Die Gewichtsdifferenz giebt die Menge des in den Herzhöhlen enthaltenen Blutes an; daraus berechnet man mit Hülfe des specifischen Gewichtes das Volumen.

c. **Methode von Brücke** [2]). Man füllt die Herzhöhlen mit Talg, trennt dieselben alsdann von einander, trocknet die einzelnen Stücke und wiegt sie. Hierauf zieht man erst mit warmem Terpentinöl, dann mit kochendem Aether aus und berechnet aus dem Gewichtsverlust die in den Höhlen enthaltenen Talgmengen. Brücke ersann diese Methode bei Gelegenheit seiner Studien über den Kreislauf bei den Schildkröten; er ermittelte hierbei, dass der Rauminhalt des rechten Vorhofs zu dem des linken sich bei Schildkröten wie 19 : 11 verhält.

d. **Methode von Hiffelsheim und Robin** [3]). Man unterbindet zunächst alle Gefässe des ausgewaschenen Herzens vor oder nach der Todtenstarre mit Ausnahme der Aorta und Pulmonalarterie, führt eine mit einer warmen Mischung von 2 Thln. Wachs und 1 Thl. Talg gefüllte Spritze in die Aorta so tief ein, dass die Mündung derselben unterhalb der halbmondförmigen Klappen sich befindet und drückt die Injectionsmasse aus. Während der Injection hat man darauf zu sehen, dass die in dem Herzen befindliche Luft nicht in die Injectionsmasse eingeschlossen wird, sondern sich in den Herzohren sammelt. Um sie zum Entweichen zu bringen, sticht man die Sammelstelle mit einer Nadel an und verschliesst die Einstichsstelle entweder mit dem Finger oder indem man kaltes Wasser auf dieselbe giesst, wodurch die heraustretende Wachsmasse erstarrt. In der nämlichen Weise verfährt man beim Anfüllen der rechten Herzhälfte von der Pulmonalarterie aus.

Ist die Injection beendet und die Masse starr geworden, was 2 bis 3 Stunden nach der Injection der Fall ist, so schält man behutsam die Injectionsmasse aus den Herzhöhlen aus, sammelt die bei dieser Manipulation abfallenden Wachstheilchen und klebt sie ohne Druck anzuwenden an die Hauptmasse an. Das Volumen der zur Füllung in einer Herzhöhle verbrauchten Wachsmasse findet man durch Einsenken in ein mit Wasser gefülltes kalibrirtes Gefäss, wie wir dies S. 31 erörterten.

---

[1]) Abegg. De capacitate arteriarum et venarum pulmonalium, p. 10, 1848.

[2]) Brücke. Ueber die Mechanik des Kreislaufs bei den Schildkröten. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissensch. Math.-naturw. Cl. Bd. 5, S. 416. 1850.

[3]) Hiffelsheim et Robin. Sur le rapport de la capacité de chaque oreillette avec celle du ventricule correspondant. Robin. Journ. de l'anat. et de la physiol. T. I, p. 413. 1864.

Das Resultat dieser Bestimmungen war, dass der Rauminhalt des Vorhofs $1/5$ bis $1/3$ kleiner ist als der des Ventrikels. Für den Rauminhalt der Herzhöhlen von neugeborenen und erwachsenen Menschen, Hunden und Kaninchen ergaben sich z. B. folgende Werthe in Cubikcentimetern.

	R. Vorh.	R. Ventr.	L. Vorh.	L. Ventr.
Neugeborener Mensch	7 bis 10	8 bis 10	4 bis 5	6 bis 7
Erwachsener „	110 „ 185	160 „ 230	100 „ 130	143 „ 212
Hund	40	45	30	35
Kaninchen	5	6	5	5

e. **Bestimmung der Blutmenge, welche durch den linken Ventrikel bei jeder Systole entleert wird.** Volkmann[1]) berechnet diese Menge aus der Geschwindigkeit des Blutstromes in der Aorta, aus dem Kaliber derselben und der Zahl der Ventrikelcontractionen. Die Factoren, die dieser Berechnung zu Grunde liegen, werden in folgender Weise erhalten. Zunächst wird bei einem Thiere die A. carotis blossgelegt und deren Weite mit dem Tasterzirkel bestimmt. Alsdann wird mittelst des von Volkmann construirten Hämodromometers, dessen Beschreibung wir weiter unten geben, die Geschwindigkeit des Blutes in der A. carotis gemessen und die Anzahl der Pulse notirt. Hierauf wird das Thier getödtet, das Gefässsystem von der Aorta abdominalis aus gegen das Herz mit Wachsmasse unter Anwendung eines Druckes, welcher der A. carotis die ursprüngliche Weite giebt, injicirt und die Querschnitte der Aorta ascendens, der A. anonyma und der Fortsetzung der Aorta unterhalb des Abganges der A. anonyma gemessen. Aus den Zahlen, die diese Querschnittsbestimmungen ergeben, werden dann unter der Voraussetzung, dass die Geschwindigkeit in obigen Gefässen die nämliche ist, wie in der A. carotis, die in diesen in der Minute strömenden Blutmassen und schliesslich durch Division der Anzahl der Herzschläge in die für die Aorta erhaltene Zahl die Blutmenge berechnet, die bei jeder Systole aus der Kammer entleert wird.

Derartige Versuche wurden von Volkmann an Hunden, Schafen, Ziegen und einem Pferde angestellt und dabei ermittelt, dass die berechnete Blutmenge, welche das Herz mit jeder Systole entleert, im Verhältniss zum Körpergewicht des Thieres im Mittel wie 1 : 400 steht; die Grenzwerthe waren 1 : 289 und 1 : 485.

f. **Berechnung der Blutmenge, welche durch den linken Ventrikel des menschlichen Herzens bei jeder Systole entleert wird.** Volkmann[2]) hat das Verhältniss der Blutmenge, welche bei der Systole durch den linken Ventrikel entleert wird, zum Körpergewicht, das er bei Thieren im Mittel wie 1 : 400 fand, auf den Menschen übertragen. Bei einem mittleren Körpergewicht des Menschen = 75 kg

---

[1]) Volkmann. Die Hämodynamik nach Versuchen. S. 204. 1850.
[2]) Volkmann. Die Hämodynamik nach Versuchen. S. 209 Anmerkung. 1850.

berechnete er auf diese Weise, dass das Herz mit jeder Systole $\frac{75}{400}$ kg = 187·5, in runder Zahl 188 g Blut entleert.

Fast zu der nämlichen Zahl gelangte Vierordt auf ganz anderem Wege. Vierordt[1]) fand die mittlere Blutgeschwindigkeit in der A. carotis von Hunden im Mittel von sieben Versuchen = 261 mm in 1 Secunde. Die Grenzwerthe waren 106 und 342 mm. Die Bestimmungen geschahen mittelst eines eigenen von ihm construirten Instrumentes, des sogenannten Hämotachometers, dessen Beschreibung wir weiter unten geben werden. Die in 1 Secunde durch die A. carotis des Hundes fliessende Blutmenge betrug im Mittel von sieben Versuchen 2·88 cbcm bei 11 qmm Querschnitt.

Auf diese Zahlen sich stützend berechnet nun Vierordt die Blutmengen, welche in der A. carotis sinistra, A. subclavia sinistra, A. anonyma und schliesslich Aorta ascendens des Menschen in der Secunde fliessen. Als Querschnittswerthe für diese Gefässe dienten ihm theils eigene Messungen, theils Messungen von Krause, die sich in dessen Anatomie finden. Dieselben sind für A. carot. 63 qmm, für die A. subcl. 99 qmm, für die A. anonyma 144 qmm, für die Aorta hinter dem Abgang der A. anonyma 439 qmm. Demnach fliessen in der A. car. 16·4 cbcm, der A. subcl. 25·8 cbcm und in der A. anonyma 42·2 cbcm Blut. Für den Arcus aortae unmittelbar nach Abgabe der A. anonyma nimmt Vierordt nicht, wie Volkmann, dieselbe Geschwindigkeit wie in der A. anonyma an, da sich unter dieser Voraussetzung zu kleine Blutmassen für die A. carot. dextr. und A. subcl. dextr. ergeben würden, sondern eine $^1/_4$ mal grössere. Darnach ergiebt sich für die Blutmenge in der A. anonyma[2]) 161 cbcm und für die Aorta ascendens = 161 + 42 = 203 cbcm. Dazu sind noch ungefähr 4 cbcm Blut für die Kranzarterie zu rechnen. Die Aorta würde sonach 207 cbcm = 218 g Blut in einer Secunde empfangen. Da auf eine Secunde 1·2 Kammersystolen bei 72 Pulsen in einer Minute fallen, so kommen auf eine Kammersystole 172 cbcm = 180 g Blut.

Mit dieser Zahl stimmt die Angabe Krause's[3]), dass der Ventrikel 176 cbcm Blut zu fassen vermag, überein. Diese Uebereinstimmung ist um so bemerkenswerther, als Volkmann, Vierordt und Krause auf wesentlich verschiedenem Wege zu diesem Resultate gelangten. Im Gegensatz hierzu schätzt Colin[4]) die Blutmenge, welche bei der Systole

[1]) Vierordt. Die Erscheinungen und Gesetze der Stromesgeschwindigkeiten des Blutes. S. 104. 1858.

[2]) Bei Vierordt steht 171. Dieser Druckfehler, den übrigens Vierordt, Hämotachometrische Bemerkungen. Pflüger's Arch. Jahrg. 2, S. 179 Anmerkung. 1869, selbst berichtigte, findet sich in einigen physiologischen Werken nicht zum Ruhme ihrer Verfasser.

[3]) Krause. Handbuch der menschlichen Anatomie. Bd. I, 2. Th., S. 787. 1842.

[4]) Colin. Traité de physiologie compareé des animaux. T. II, p. 413. 1873.

des Ventrikels des Menschen entleert wird, auf 95 bis 110 cbcm und Fick[1]) auf 50 bis 73 cbcm.

10. Von der Function der Herzklappen.

Im Herzen kommen zwei Arten von Ventilen vor; die einen sind zwischen den Vorhöfen und Kammern angebracht und heissen deshalb Atrioventricularklappen, die anderen, die sogenannten Semilunarklappen, befinden sich an den arteriösen Enden der Ventrikel am Eingange der Aorta und der Pulmonalarterie. Diese Ventile haben wie alle in Röhren angebrachten derartigen Vorrichtungen den Zweck, eine in ihnen bewegte Flüssigkeit an jeder rückläufigen Bewegung zu hindern. Wie dies durch das Klappenspiel des Herzens vortrefflich geschieht, hat L. Fick durch einen instructiven Versuch gezeigt, den wir unten erörtern werden. Vorher handeln wir die Function der beiden Ventile einzeln ab.

a. Die Atrioventricularklappen. Eine Ansicht von denselben ist ohne weitere Präparation leicht zu gewinnen, ihre Grösse bestimmt man mittelst des Schätzquadrates, ihre Function lernt man aus den Versuchen von Lower und Baumgarten kennen. Eine Vorrichtung, welche nach demselben Princip gebaut ist, das den Atrioventricularklappen zu Grunde liegt, hat Weber ersonnen.

α. Ansicht der Atrioventricularklappen. Man schneidet nach Baumgarten[2]) die obere Hälfte der Vorhöfe eines ausgeschnittenen Herzens mittelst einer Scheere ab, unterbindet die Aorta und Pulmonalarterie, oder verstopft dieselben mit Wachs und füllt die Kammern langsam mit einer Flüssigkeit an, die ungefähr gleiches specifisches Gewicht wie das Blut hat, z. B. 7 bis 8 Proc. Kochsalzlösung. Man sieht dann die Klappen in der Flüssigkeit schwimmen; sie bilden einen Trichter, dessen Spitze in die Mitte der Ventrikelhöhlen hineinragt.

β. Bestimmung der Grösse der Atrioventricularklappen. Wenn die Aufgabe gegeben ist, die Grösse der Atrioventricularklappen eines Thieres zu bestimmen, so benutzt man am besten wohl das Schätzquadrat, dessen Anwendung wir S. 25 beschrieben haben. Desselben bediente sich z. B. Wulff[3]) bei der Bestimmung der Grösse der Atrioventricularklappen des Menschen.

---

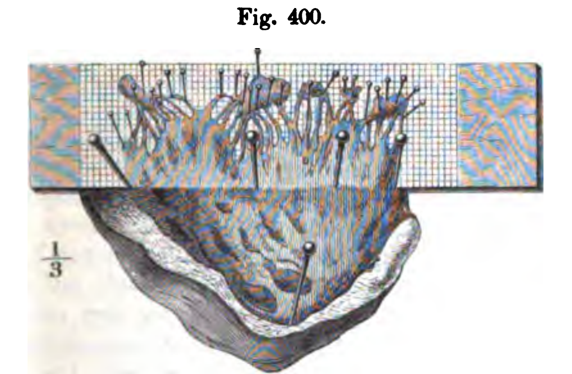
1) Fick. Die Geschwindigkeitscurve in der Arterie des lebenden Menschen. Dessen: Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium der Züricher Hochschule. Hft. 1, S. 66. 1869.

2) Baumgarten. Commentatio de mechanismo, quo valvulae venosae cordis clauduntur, p. 24. 1843. Auch: Ueber den Mechanismus, durch welchen die venösen Herzklappen geschlossen werden. Arch. f. Anat., Phys. und wissensch. Med. Jahrg. 1843, S. 464. 1843.

3) Wulff. Nonnulla de cordis pondere ac dimensionibus, imprimis ostiorum et valvularum atrio-ventricularium ratione habita. Dorpat. Dissert. p. 16. 1856.

Man schneidet nach Abtragung der Vorhöfe die Kammerwand von der Basis des Herzens gegen die Spitze durch, durchtrennt die Papillarmuskeln in der Mitte, schlägt die Klappen zurück, breitet sie auf einer mit Quadratmillimetern versehenen Unterlage aus und steckt die Ränder mit Stecknadeln fest, wie Fig. 400, $^1/_3$ nat. Gr., zeigt. Hierauf zählt man die Quadrate, die von den Klappen bedeckt werden, ab und addirt hierzu die Bruchtheile der Grenzquadrate. Die Summe giebt die Oberfläche der Klappen an.

Fig. 400.



Als Unterlage, auf der die Klappen auszubreiten sind, bediente sich Wulff etwa 20 cm langer und 5 cm breiter Kautschukplatten; statt dieser kann man jedoch zweckmässig Lindenholz benutzen, auf die eine auf Papier befindliche Theilung, die mit Kautschukfirniss überzogen ist, aufgeklebt wird. Um sich das Abzählen der Quadrate zu erleichtern, kann man nach Wulff auch die Unterlage und die Klappenränder mit fein gepulvertem Bimsstein bestreuen, die Klappenränder mit einem spitzen Wachsstift umfahren, wodurch der Bimsstein entfernt wird, und nach Abschneiden der Sehnen, von der dünnsten angefangen, und Entfernung der Nadeln die von Bimsstein frei gebliebenen Quadrate abzählen.

γ. Der Versuch von Lower[1]) zeigt den Verschluss der Atrioventricularöffnungen durch die Klappen auf das deutlichste. Um ihn anzustellen schneidet man die Vorhöfe eines ausgeschnittenen Herzens auf, zieht an verschiedenen Stellen Fäden durch die Schnittränder und befestigt an diesen das Herz an einem Ringe, wie Fig. 401, $^1/_8$ nat. Gr. a. f. S., angiebt.

Hierauf bindet man eine Glasröhre in die Pulmonalarterie oder Aorta so tief ein, dass das untere Ende derselben unterhalb der Semilunarklappen sich befindet. Wenn man nun durch diese Röhre Wasser oder Kochsalzlösung eingiesst, so sieht man die Lappen der Klappe sich segelartig aufblähen, ein Vergleich, der von Lower selbst herrührt. Ist die eingebundene Glasröhre mit einer Theilung versehen, so kann man sich überzeugen, dass ein verhältnissmässig geringer Druck zum Schlusse der Klappe hinreicht.

---

[1]) Lower. Tractatus de corde, item de motu, et colore sanguinis et chyli in eum transitu. p. 39. Amstelodami. 1671.

δ. Der Versuch von Baumgarten[1]) zeigt ebenfalls den Verschluss durch die Atrioventricularklappen. Entfernt man von einem ausgeschnittenen Herzen die Vorhöfe, unterbindet die arteriösen Oeffnungen und füllt man die Ventrikel durch abwechselndes Drücken unter Wasser an, so kann man das Herz an der Spitze aus dem Wasser herausheben, ohne dass ein Tropfen ausläuft.

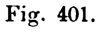


Fig. 401.



Ingleichen kann man einen festen Verschluss erzielen, wenn man auf das so vorbereitete und mit Wasser gefüllte Herz momentan einen Strahl einer 3 bis 4 d hohen Wassersäule auf eine der Klappen oder den ganzen Umfang der Atrioventricularmündung fallen lässt. Im Momente, wo der Strahl zu wirken aufhört, schliesst die Klappe durch Ineinanderlegen der Ränder so fest, dass man das Herz umkehren, ja auf den Boden werfen kann, ohne dass ein Tropfen ausfliesst.

Bei Anstellung dieses Versuches hat man darauf zu achten, dass die Ligatur um die arteriöse Mündung weder zu nahe an dem Herzen angelegt ist, noch dass ein zu langes Stück Arterie an dem Herzen hängen bleibt, in beiden Fällen erfolgen sonst störende Verziehungen desjenigen Klappenzipfels, welcher der Arterie zunächst liegt.

ε. Das Röhrenventil. Mit diesem Namen belegt Weber[2]) eine Vorrichtung, die nach demselben Principe gebaut ist, wie die Atrioventricularklappen. Dieses Röhrenventil besteht aus zwei in einander gesteckten starrwandigen Röhren, zwischen die das eine Ende einer häutigen Röhre eingeklemmt ist, während das andere Ende durch Fäden so befestigt wird, dass es nicht zurückgestülpt werden kann. Schaltet man dieses

---

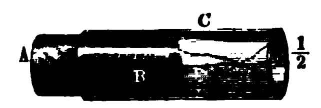
[1]) Baumgarten. Commentatio de mechanismo, quo valvulae venosae cordis clauduntur, p. 24. 1843. Auch: Ueber den Mechanismus, durch welchen die venösen Herzklappen geschlossen werden. Arch. f. Anat., Phys. u. wissensch. Med. Jahrg. 1843, S. 467. 1843.

[2]) Weber. Ueber die Anwendung der Wellenlehre auf die Lehre vom Kreislaufe des Blutes und insbesondere auf die Pulslehre. Ber. über die Verh. der königl. sächs. Ges. der Wissensch. zu Leipzig. Math.- naturw. Cl. Jahrg. 1849, S. 186. 1849.

Ventil in eine Röhrenleitung ein, in der sich eine Flüssigkeit in der Richtung der engeren Röhre gegen die weitere bewegt, so geht die Strömung ohne Unterbrechung weiter, sobald aber die Flüssigkeit in umgekehrter Richtung sich zu bewegen anfängt, so drückt es die Wände der häutigen Röhre zusammen und versperrt sich dadurch den Weg.

Damit man das Spiel des Ventils sehen kann, nimmt man eine kurze Holzröhre *A*, Fig. 402, $^1/_2$ nat. Gr., bindet auf das eine Ende ein kurzes Stückchen eines Dünndarms *B* und befestigt an dessen freiem Rande drei Fäden. Das Darmstück sammt der Holzröhre *A* steckt man in eine kurze Glasröhre *C* so ein, dass der Darm in das Lumen der Glasröhre hineinragt, die Holzröhre aber den Eingang der Glasröhre verschliesst. Zu weiterem Verschluss siegelt man die Holzröhre noch ein. Hierauf befestigt man die drei Fäden an der äusseren Seite von *C* mittelst Wachs so, dass ihre Befestigungspunkte denen am Darm *B* gegenüber liegen. Angespannt dürfen die Fäden von ihrem Befestigungspunkte nicht weiter als bis zum Rande der Holzröhre *A* innerhalb der Glasröhre *C* reichen. Bringt man nun an dem freien Rande von *A* und *C* Kautschukschläuche an und giesst Wasser ein, so wird, so oft sich die Flüssigkeit in der Richtung von *C* nach *A* bewegt, das Darmstück *B* so zusammengedrückt, dass kein Tropfen durch das Ventil tritt; strömt das Wasser dagegen von *A* nach *C*, so öffnet sich das Darmstück.

Fig. 402.



Statt des Darmes lässt sich mit dem nämlichen Erfolg der Zeigefinger eines feinen Lederhandschuhes benutzen, wie wir dies bei Voit in München sahen. Die Spitze des Handschuhfingers muss natürlich abgeschnitten und an dem Schnittrande die Fäden befestigt werden.

b. Die Semilunarklappen in der Aorta und der Pulmonalarterie bestehen aus je drei Taschen, d. h. aus Falten der innersten Haut dieser Gefässe, welche in das Lumen derselben einen halbmondförmigen Vorsprung bilden. Weber[1]) hat für diese Art der Ventile den Namen Taschenventile eingeführt. Man sieht die Taschen neben einander liegen, wenn man die Aorta von dem Ventrikel aus aufschneidet.

Ueber die Function der Semilunarklappen in der Aorta ist in älterer und neuerer Zeit erbittert gestritten worden. Nach der Ansicht von Thebesius[2]) und Brücke[3]) werden die Semilunarklappen beim Eintritt der Systole gegen die Wände der Aorta gedrängt und sperren den Zutritt

[1]) Weber. Hildebrandt's Handbuch der Anatomie des Menschen. Bd. III, S. 31. 1833.

[2]) Thebesius. Disputatio medica de circulo sanguinis in corde. p. 16. 1739.

[3]) Brücke. Physiologische Bemerkungen über die arteriae coronariae cordis. Sitz. der kaiserl. Akadem. der Wissensch. Math.- naturw. Cl. Bd. 14, S. 345. 1854. Derselbe. Der Verschluss der Kranzschlagadern durch die Aortenklappen. 1855.

zu den Mündungen der Coronararterien, so dass die Füllung dieser nur während der Diastole der Ventrikel stattfindet, nach der Ansicht von Morgagni [1]), Hamberger [2]), Hyrtl [3]), Rüdinger [4]) und Ceradini [5]) dagegen ist diese Auffassung weder durch die Lage der Klappen noch durch das Experiment zu erweisen, eine Ansicht, die wir gleichfalls theilen. Wir unterlassen es deshalb, eine Anleitung zu geben, die Versuche, die zur Erhärtung der einen oder anderen Ansicht ersonnen wurden, anzustellen, und beschränken uns auf die Beschreibung der Versuche, aus denen der Verschluss der Aorta oder Pulmonalarterie durch die halbmondförmigen Klappen erhellt. Den Rüdinger'schen Versuch handeln wir gesondert ab.

α. Die Function der Semilunarklappen lernt man kennen, wenn man die Aorta oder Pulmonalarterie sammt der sie umgebenden Mündung aus dem Ventrikel ausschneidet, sie an einem Stative aufhängt und vorsichtig mittelst eines langen Trichters die Taschen mit Wasser oder Quecksilber füllt. Giesst man alsdann die Röhre im raschen Strahle voll Flüssigkeit, so neigen sich die Klappen gegen einander und hindern den Ausfluss der Flüssigkeit.

β. Der Rüdinger'sche Versuch [6]) gestattet das Spiel der Semilunarklappen durch eine Glasröhre, die in die Aorta oder Pulmonalarterie dicht oberhalb der Klappen eingebunden wird, direct zu beobachten. Diese Glasröhre, Fig. 403, $^1/_2$ nat. Gr., ist etwa 8 bis 9 cm lang, besitzt den Durchmesser der Aorta und ist an ihrem oberen Ende mit einem aufgewulsteten Rand versehen, auf den mittelst eines Kautschukringes eine runde Glasplatte *A* befestigt werden kann, seitlich zweigt sich eine etwas dünnere, ebenfalls mit einem Rand versehene Glasröhre *B* ab.

Um das Klappenspiel mittelst dieser Röhre z. B. in der Aorta zu sehen, schneidet man dieselbe etwa 10 mm oberhalb der Sinus und der Klappen horizontal durch und bindet in das an dem Herzen gebliebene Aortenstück den unteren Theil der Glasröhre; das andere Schnittende der Aorta, die aus der ganzen Brust und Bauchaorta bestehen

---

[1]) Morgagni. Adversaria anatomica omnia. V. Animadversio. 26. p. 38. 1723.

[2]) Hamberger. Physiologia medica, seu de actionibus corporis humani sani doctrina principiis physicis a se editis itemque mathematicis atque anatomicis superstructa, p. 95. 1751.

[3]) Hyrtl. Beweis, dass die Ursprünge der Coronar-Arterien während der Systole der Kammer von den Semilunarklappen nicht bedeckt werden, und dass der Eintritt des Blutes in dieselbe nicht während der Diastole stattfindet. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissensch. Math.-naturw. Classe. Bd. 14, S. 373. 1855. Derselbe: Ueber die Selbststeuerung des Herzens, ein Beitrag zur Mechanik der Aortenklappen. 1855.

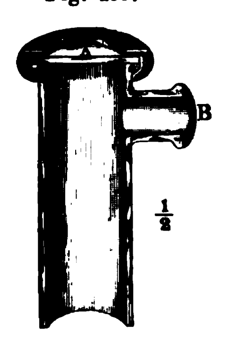
[4]) Rüdinger. Ein Beitrag zur Mechanik der Aorten- und Herzklappen. 1857.

[5]) Ceradini. Der Mechanismus der halbmondförmigen Herzklappen. 1872.

[6]) Rüdinger. Ein Beitrag zur Mechanik der Aorten- und Herzklappen. S. 10. 1857.

kann, bindet man auf das seitlich abgehende Rohr *B*. Hierauf befestigt man eine Glasröhre in einer Pulmonalvene, unterbindet die übrigen, und injicirt durch die Glasröhre so lange Wasser, bis das im Herzen vorhandene Blut ausgespült ist. Füllt man nun das Herz und die Gefässe etwa $^2/_3$ voll Wasser und drückt man das Herz abwechselnd, indem man Systole und Diastole nachahmt, so kann man das Oeffnen und Schliessen der Klappen durch den Deckel der Glasröhre sehr schön beobachten.

Fig. 403.



Ceradini[1]) hat den Rüdinger'schen Versuch modificirt. Die Modification besteht im Wesentlichen darin, dass das Klappenspiel unter einem Drucke vor sich geht, welcher dem bei der Systole und Diastole des Ventrikels natürlich vorkommenden angepasst ist. Der Apparat, dessen man sich hierbei bedient, ist Fig. 404, $^1/_6$ nat. Gr. a. f. S., abgebildet. Derselbe besteht aus der weiten Flasche *A*, deren Boden abgesprengt und an dessen Stelle eine Kautschukmembran aufgebunden ist, der doppelt rechtwinklig gebogenen Röhre *B*, der Rüdinger'schen Röhre *C* und dem Glasgefässe *D*. Zwischen *B* und *C* ist die Pulmonalarterie sammt Conus arteriosus eines Schweineherzens in der Weise eingeschaltet, dass der Conus auf das obere Ende von *B*, die Pulmonalarterie auf den unteren Rand der Röhre *C* aufgebunden ist. Damit der Bindfaden nicht sämmtliche Weichtheile durchschneidet, muss vorher das Ende der Röhre mit einem Stück Gummischlauch überzogen werden. Die seitliche Abzweigung der Rüdinger'schen Röhre wird durch einen Kautschukschlauch mit der rechtwinklig gebogenen Röhre *E* und diese mit dem Glasgefäss *D* in Verbindung gesetzt, die Röhren *B* und *E* sind an einem Stative senkrecht befestigt.

Bevor man den Conus arteriosus auf die Röhre *B* aufbindet, muss *A* und *B* vollständig, ohne dass Luftblasen vorhanden sind, mit Wasser gefüllt werden; ingleichen ist es für die Beobachtung des Klappenspiels unumgänglich nöthig, dass die Röhre *C* vollständig mit Wasser gefüllt ist und das Wasser bis unmittelbar an den Glasdeckel reicht. Da bei der weiteren Füllung des Apparates die Kautschukmembran auf dem Glasgefässe *A* entsprechend dem steigenden Drucke sich emporwölbt, diese Emporwölbung aber von einer durch die Ventilöffnung hinziehenden Strömung erzeugt wird, welche dasselbe also zu schliessen bestrebt ist, so muss, um die Klappen vor jeder Beschädigung in ihrer Elasticität zu schützen, das Eingiessen des Wassers von *D* aus sehr langsam geschehen.

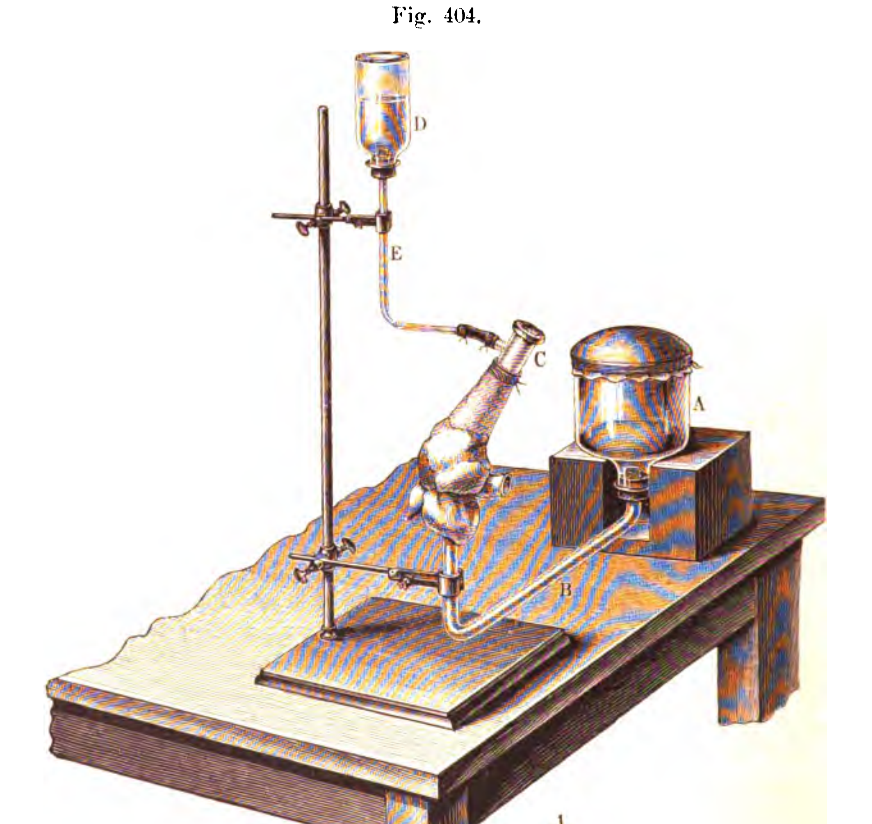
Die Systole und Diastole des Herzens wird dadurch nachgeahmt, dass eine Bleiplatte von etwa 9 kg auf die Kautschukmembran gelegt

---

[1]) Ceradini. Der Mechanismus der halbmondförmigen Herzklappen. S. 38. 1872.

und dann rasch wieder entfernt wird. Damit die Platte gut der Kautschukmembran anliegt und kein Luftraum zwischen beiden sich bildet,

Fig. 404.



wird die Membran mit Chloroform benetzt. Damit das durch die aufgelegte Bleiplatte mit Gewalt in die Höhe getriebene Wasser nicht im Gefässe *D* in einem Strahle emporstrudelt, lässt man auf demselben einen möglichst breiten Kork schwimmen.

In dem Apparate Ceradini's ist das Gefäss *D* etwa 30 cm hoch über der Befestigungsstelle des Conus arteriosus auf der Röhre *B* angebracht. Die Flüssigkeitsmenge, welche bei der Nachahmung der Systole durch Auflegen der Bleiplatte auf das Gefäss *A* durch das Ostium arteriosum getrieben wird, beträgt 70 cbcm; der Durchmesser des Cylinders *D* ist so bemessen, dass er in der Höhe von 5 cm diese Menge fasst. Der Druck in der Arterie beträgt deshalb bei der Diastole 30 cm und bei

der Systole 35 cm. Durch diese Maassverhältnisse sollen die Verhältnisse im lebenden Herzen möglichst nachgeahmt werden.

c. **Der Versuch von L. Fick**[1]. Man bindet in die Aorta und Pulmonalarterie sowie in eine Vene des rechten und eine Vene des linken Ventrikels, während die übrigen unterbunden werden, je eine Glasröhre von etwa 35 cm Länge und einer Weite, dass sie gerade in das Lumen der Aorta passen, legt das Herz in ein breites Gefäss, das mit Wasser gefüllt ist, so, dass die untere Seite des Herzens und der Vorhöfe und die in die Arterien eingebundenen Röhren flach auf dem Boden des Gefässes liegen, die in die Arterien eingebundenen Röhren aber aus dem Wasser hervorragen, und befestigt letztere an Stativen. Wenn man nun das Herz mit beiden Händen unter dem Wasser ergreift und abwechselnd in rascher Folge drückt und mit dem Drucke nachlässt, so kann man das Wasser des Gefässes durch das Herz hindurch in der Richtung des natürlichen Kreislaufes durch die in die Arterien eingebundenen Röhren auspumpen. Das in die in den Arterien eingebundenen Röhren eingepumpte Wasser weicht beim Nachlass des Druckes nicht zurück; man sieht vielmehr die Flüssigkeit in diesen mit jedem Drucke steigen, bis es endlich auszufliessen anfängt.

11. Von dem Rhythmus des Herzens.

Rhythmus des Herzens nennt man bekanntlich die Ordnung, in welcher Systole und Diastole der einzelnen Herzabtheilungen auf einander folgen. Um den zeitlichen Verlauf derselben festzustellen, bedient man sich besonderer Methoden, die in optische, graphische, auscultatorische und elektrische zerfallen.

a. **Optische Methoden.** Das Princip derselben besteht darin, dass Merkzeichen in passender Weise auf den verschiedenen Herzabtheilungen befestigt werden. Bewegen sich nun diese, so theilen sie ihre Bewegung den Merkzeichen mit. Diesbezügliche Methoden haben Wagner, Vulpian und Czermak ersonnen. Letzterer Forscher hat auch einen Apparat angegeben, um die Bewegungen des ausgeschnittenen Froschherzens in grösserem Auditorium zu demonstriren. Czermak hat dieses Instrument Cardioskop genannt. Die Beschreibung genannter Methoden sowie des Cardioskopes folgt anbei.

α. Methode von Wagner[2]. Diese Methode beruht auf der von Jung[3] ermittelten Thatsache, dass Nadeln in das Herz eines lebenden

---

[1] Fick. Bemerkungen über einige Versuche zur Erläuterung der Mechanik des Herzens. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1849, S. 282. 1849.

[2] Wagner. Neurologische Untersuchungen, S. 217. 1854.

[3] Jung. Beobachtungen über die Verwundbarkeit des Herzens bei Thieren. Ber. über die Verhandl. der naturf. Gesellsch. in Basel vom August 1835 bis Juli 1836, S. 14. 1836.

Thieres eingestochen, das Leben des Thieres nicht gefährden und keine Störung in den Contractionen hervorrufen; die eingesteckten Nadeln machen vielmehr alle Contractionen mit und es kann an der Bewegung derselben die Herzbewegung beobachtet werden. Sticht man eine Nadel in einen Vorhof ein, wozu man am besten den rechten Vorhof wählt, und eine Nadel in den Ventrikel, so kann man an den Schwingungen der Nadeln die Contractionen der Herzabtheilungen beobachten. Hat man die Nadeln mit Knöpfen versehen und lässt diese an Glocken anschlagen, so hört man zwei sehr rasch auf einander folgende Töne, in welchen die Nadel, die in dem Vorhofe steckt, den Vorschlag giebt.

Die Nadeln, die man zu diesen Versuchen benutzt, haben eine Länge von 8 bis 10 cm und sind mit einem Knopf versehen. Die Nadel, die in den Vorhof eingestochen wird, muss etwas kürzer und schwächer sein, als die in den Ventrikel eingesteckt wird. Die Länge der in Anwendung zu ziehenden Nadeln richtet sich nach der Grösse des Thieres. Wir haben es deshalb zweckmässig gefunden, hierzu Nadeln zu verwenden, die verkürzt oder verlängert werden können. Dieselben bestehen aus gewöhnlichen starken Nähnadeln von etwa 8 cm Länge, die einen verschiebbaren Stab von Hartkautschuk tragen, wie Fig. 405, $^1/_2$ nat. Gr., erläutert. Als tönende Instrumente wählt man am besten gut klingende umgekehrte Weingläser, welche man leicht verstellbar an einem Stativ befestigt. Das sichere Treffen des Vorhofs hat immer seine Schwierigkeiten; einen Anhaltspunkt, wo man einzustechen hat, gewinnt man, wenn man die eine Nadel zuerst in den Ventrikel einsticht.

Fig. 405.

$\frac{1}{2}$

β. Methode von Vulpian[1]). Man klebt, während künstliche Respiration stattfindet, auf den Vorhöfen und den Ventrikeln des blossgelegten Herzens Papierstreifchen auf, die rechtwinklig gebogen sind. Wenn die Herzschläge sich verlangsamen oder verlangsamt werden, so sieht man die Papierstreifchen entsprechend den Bewegungen der Herzabtheilungen sich senken oder heben.

γ. Methode von Czermak[2]). Man legt kleine versilberte Glasplättchen auf das blossgelegte oder ausgeschnittene Herz so auf, dass sie durch die Pulsationen desselben hebelartig auf- und niederbewegt werden. Man hat dabei zu sorgen, dass sie sich nicht verschieben oder herabfallen. Um dieser Sorgen enthoben zu sein, befestigen wir die Spiegelchen, die wir aus Bruchstückchen von Deckgläschen fertigen,

---

1) Sur les mouvements du coeur. Gaz. hebd. 2. sér. T. XI, p. 19. 1874.

2) Czermak. Bemerkungen über einige physiologische Apparate. Dessen: Mittheilungen aus dem physiologischen Privatlaboratorium. Hft. 1, S. 70 Anmerkung. 1864.

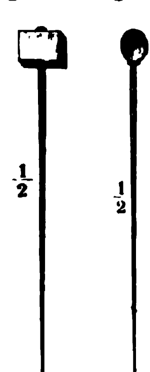
auf dünnen Korkplättchen und kleben diese auf die blossgelegten Herzen von Säugethieren auf, oder wir nähen mit einer feinen krummen Nadel die Korkstückchen mit den Spiegelchen an die Oberfläche der Herzwandung z. B. von Hunden an. Wenn man hierbei nicht gerade direct ein Blutgefäss ansticht, so findet keine Blutung statt.

Das Versilbern der Spiegelchen nehmen wir in der Weise vor, dass wir sorgfältig zuerst mit Salpetersäure, dann mit Kalilauge und schliesslich mit Alkohol gereinigte Deckgläschen mit Silbernitrat und Seignettesalz kochen, die Deckgläschen mit Wasser abspülen, von der einen Fläche den Silberbelag entfernen, hierauf trocknen und endlich den Silberbelag auf der Rückseite mit Firniss überziehen.

Will man mittelst dieser Spiegelchen z. B. die Bewegung des ausgeschnittenen Froschherzens zeigen, so bringt man dasselbe auf eine rauhe Unterlage, damit es sich nicht so leicht verschiebt, und legt den Rand eines Spiegelchens über die Vorhöfe und den Rand des anderen über die Kammer, und beleuchtet alsdann beide.

Um die Herzbewegung bei Thieren ohne Eröffnung des Thorax zu demonstriren, befestigt man die Spiegelchen an Nadeln, Fig. 406, $^1/_2$ nat. Gr., und sticht diese in das Herz ein. Die Nadeln machen die Bewegungen des Herzens mit und die Spiegelchen geben dieselben bei entsprechender Beleuchtung im vergrösserten Maassstabe wieder. Werden zu diesen Versuchen grössere Thiere verwendet, so kann man die Nadeln mit kleinen Metallspiegeln armiren, Fig 407, $^1/_2$ nat. Gr. Czermak nennt diese Vorrichtungen Nadelspiegelchen oder Spiegelnadeln.

Fig. 406. Fig. 407.



δ. Das Cardioskop von Czermak[1]) dient zur Demonstration der Bewegung des ausgeschnittenen Froschherzens. Dieser Apparat besteht aus einer horizontalen Glas- oder Metallplatte *A*, Fig. 408, a. f. S., nat. Gr., auf welche das pulsirende Herz gelegt wird. Die Platte *A* ist auf einer Stange *B* verstellbar. Der Vorhof und der Ventrikel des Froschherzens werden je mit einem Korkplättchen *C* und *D* belegt, die durch Nadeln mit einer in Spitzen gehenden horizontalen Axe in Verbindung stehen. Auf jeder der beiden Axen ist in einem Hülschen ein quadratisches Spiegelchen befestigt. Von diesen Spiegelchen ist nur das eine gezeichnet, das andere ist punktirt, damit die dahinter befindlichen Theile gesehen werden können.

---

[1]) Czermak. Beschreibung einiger Vorrichtungen zu physiologischen Zwecken. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissensch. Math.-naturw. Classe. Bd. 59, 2te Abth., S. 240. 1869.

Bei jeder Systole wird das auf einer Herzabtheilung liegende Korkplättchen in die Höhe gehoben und in Folge dessen neigt sich das

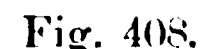
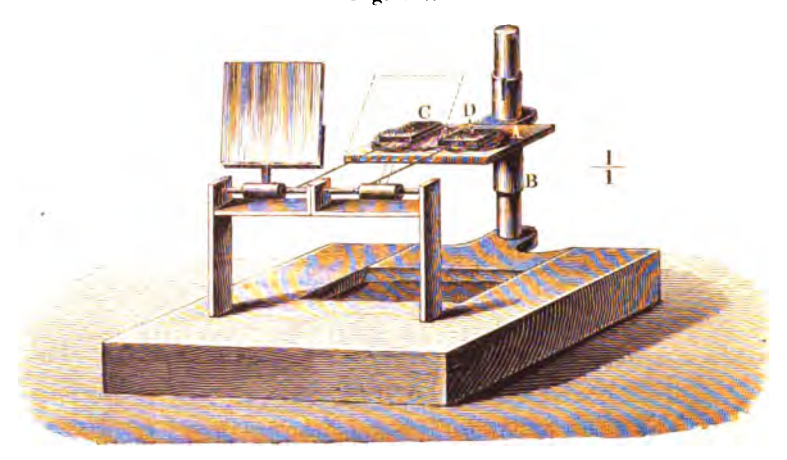


Fig. 408.



betreffende Spiegelchen nach vorn, umgekehrt sinkt es bei jeder Diastole zurück. Setzt das auf *A* liegende Herz die Spiegelchen in Bewegung, so stellt man dieselben so ein, dass sie von einem und demselben Strahlenkegel beleuchtet und die reflectirten Lichtbilder in deutlicher Grösse an die Wand geworfen werden. Man erreicht dies, indem man die Spiegelchen durch Verschieben und Drehen in ihren Hülschen einander nähert und unter beliebigen Winkeln gegen den Horizont neigt. In der Figur ist das Spiegelchen, das von dem auf dem Vorhof liegenden Korkstückchen *D* in Bewegung versetzt wird, punktirt, damit man das Herz und die Korkstückchen auf der Platte *A* sieht.

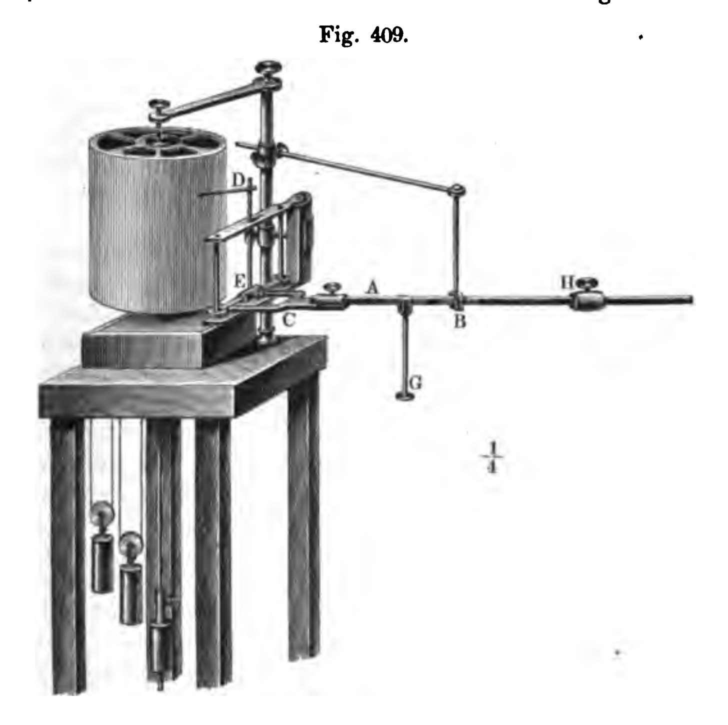
b. Graphische Methoden. Die hier abzuhandelnden Methoden wurden von Ludwig, Baxt, Chauveau und Marey angegeben.

α. Methode von Ludwig [1]). Unter das blossgelegte Herz schiebt man ein hinreichend steifes Plättchen, das aus mehreren Lagen Stanniol und Heftpflaster besteht und nach der Herzform ausgeschnitten ist. In die vier Enden zieht man seidene Schnüre; die an der Herzwurzel befindlichen Schnüre knüpft man kreuzweise und befestigt sie an der Unterlage, auf die das Thier gebunden ist; die an der Herzspitze gelegenen knüpft man ebenfalls, aber ohne sie zu kreuzen, so an der Unterlage fest, dass das Herz durch den Stoss aus dem Blasebalg bei der künstlichen Respiration nicht gehoben wird. Hierauf setzt man auf das fixirte Herz einen äquilibrirten Fühlhebel *A*, Fig. 409, $1/4$ nat. Gr., der sich in einer

[1]) Ludwig und Hoffa. Einige neue Versuche über Herzbewegung. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 9, S. 108. 1850.

senkrechten Ebene vermittelst eines Zapfenlagers B bewegt. An dem freien Ende von A ist eine verschiebbare Gabel C angebracht. Die

Fig. 409.



Gabel hat den Zweck, die von dem Fühlhebel A ausgehende Bogenbewegung in eine geradlinige umzuwandeln; sie setzt dabei einen Schreibpinsel D in Bewegung, der in einem Querholze E verstellbar angebracht ist. Die seitlichen Enden von E sind platt und gleiten in zwei Stahlstäben, die in einem Rahmen befestigt sind. Dieser Rahmen wird an einem Kymographiontische festgestellt. Auf das Herz wird ein mit einem breiten Plättchen versehenes Stäbchen G gesetzt, dazu bestimmt, seine Bewegungen dem Hebel mitzutheilen. Derselbe muss während des Auf- und Niedergehens dem Herzen stets anliegen. Man erreicht dies, wenn man den auf dem Herzen ruhenden Hebelarm nicht vollkommen äquilibrirt, sondern ihm ein bald grösseres, bald geringeres Uebergewicht giebt, was durch Verschieben des Laufgewichts H leicht zu erreichen ist.

β. Methode von Baxt[1]). Man öffnet bei einem curaresirten Thiere die Brusthöhle, spaltet den Herzbeutel und näht seine Schnittränder rechts und links an die klaffende Brustwunde. Hierdurch ist

---

[1]) Baxt. Die Verkürzung der Systolenzeit durch den N. accelerans cordis. Arch. f. Anat. und Physiol. Phys. Abth. Jahrg. 1878, S. 123. 1878.

der Herzbeutel in eine Mulde umgeformt, die dem Herzen eine Stütze gegen die Bewegungen der Lunge bei der künstlichen Respiration gewährt. Bei dem Annähen des Herzbeutels hat man darauf zu achten, dass die Anfänge der grossen Arterien nicht geknickt oder gedreht werden. Bei der Wahl der Näthe, deren man auf jeder Seite 3 bis 4 anlegt, dienen als gute Kennzeichen die Stellung des Herzens zum Sehnenspiegel des in seine natürliche Lage emporgedrückten Zwerchfells und die Entfernung der freien Fläche des Ventrikels von der Brustwand. Sind die grossen Arterien in ihrer natürlichen Lage verblieben, so bettet sich auch das Herz von selbst in seine richtige Lage.

Um nun die Bewegungen des Herzens graphisch zu verzeichnen, befestigt man über dem Ventrikel in einem leicht verstellbaren Halter senkrecht ein Glasröhrchen und steckt durch dieses ein Stäbchen, das aus Tannenholz geschnitzt und an seinem oberen Ende mit einem feinen Glasfaden, der als Schreibfeder dient, versehen ist. Das Stäbchen ruht alsdann auf dem Herzen auf, wird bei jeder Systole nach oben bewegt und sinkt bei jeder Diastole herab.

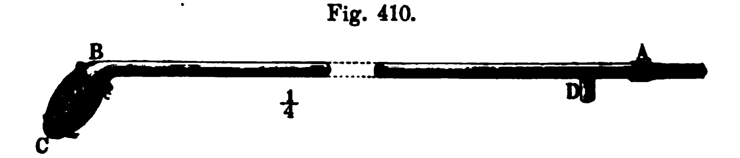
Wird während dieser Bewegung die Schreibfeder an einen berussten rotirenden Cylinder angedrückt, so zeichnet dieselbe eine Curve. Bei dieser Einrichtung wird der Stab im Beginn der Systole um ein geringes und nur sehr kurze Zeit hindurch über die Herzfläche hinausgeschleudert, aber er sinkt dann rasch auf den Ventrikel zurück, bleibt während des grösseren Restes der Systole mit dem Herzen in Berührung und drückt sich auch während der Diastole nicht in die Herzmasse ein. Belastet man dagegen, um ein fortwährendes Anliegen des Stäbchens auf dem Herzen zu erzielen, dasselbe mit kleinen Gewichten, so zeigen sich auf der von ihm geschriebenen Curve Wellenlinien, die ihren Charakter als Kunstproducte deutlich verrathen. Das Stäbchen setzt man, um die Ausmessung der erhaltenen Curve zu erleichtern, zweckmässig an der Stelle auf, welche in der senkrechten Richtung die grösste Excursion ausführt. Diese Stelle liegt nach Baxt an der unteren Grenze des oberen Drittels der vorderen Herzfurche. Ein Verfahren diesen Punkt genau zu bestimmen hat Ludwig angegeben, wie wir S. 554 erörterten.

γ. Methode von Chauveau und Marey [1]. In eine Herzhöhle wird ein an einer Sonde befestigter Kautschukbeutel eingeschoben, derselbe wird durch ein Kautschukrohr aufgeblasen und mit einer Upham'schen mit einem Hebel versehenen Kapsel in Verbindung gesetzt. Jede Systole bewirkt eine Compression der Blase und dadurch eine Aufwärtsbewegung des Hebels, jede Diastole veranlasst ein Sinken derselben. Die Anwendung dieser Methode eignet sich nur bei grossen Thieren. Chauveau und Marey benutzten hierzu Pferde.

[1] Chauveau et Marey. Détermination graphique des rapports de la pulsation cardiaque avec les mouvements de l'oreilette et du ventricule obtenue au moyen d'un appareil enregistreur. Gaz. méd. L'année 1861, p. 647. 1861. Marey. Physiologie médicale de la circulation du sang, p. 85. 1863.

Die Sonde, Fig. 410, $^1/_4$ nat. Gr., die in den linken Ventrikel eingeführt wird, besteht aus einer Metallröhre von 3 bis 4 mm Durchmesser und ungefähr 6 dm Länge. Dieselbe ist an dem einen Ende bei *B* unter

Fig. 410.



einem Winkel von ungefähr 135° conisch erweitert und durch drei gebogene Metallstäbe, die in der Figur punktirt sind, mit einer Endplatte *C* verbunden. Ueber die Metallstäbe wird eine Kautschukmembran gezogen und die Ränder derselben auf *B* und *C* festgebunden. Beim Gebrauche wird eine Carotis des Thieres blossgelegt, dieselbe geöffnet, in die Schnittöffnung die Sonde eingesteckt und bis in den linken Ventrikel geschoben; das Eindringen in letzteren geschieht während einer Systole, wo die Semilunarklappen offen stehen. Hierauf befestigt man einen Kautschukschlauch bei *A*, setzt diesen mit einer Upham'schen Kapsel in Verbindung und bläst Kautschukbeutel und Kapsel auf. Um die Lage des Kautschukbeutels im linken Ventrikel bestimmen zu können, dient der Ansatz *D*, welcher sich auf der nämlichen Seite wie der Kautschukbeutel befindet.

Die Sonde, die in das rechte Herz eingeführt wird, ist doppelt, da mittelst derselben die Bewegungen des Vorhofs und Ventrikels zu gleicher Zeit erforscht werden sollen. Dieselbe besitzt darum zwei von Kautschukmembranen gebildete Hohlräume *A* und *B*, Fig. 411, $^1/_4$ nat. Gr., a. f. S., von denen *A* in den Ventrikel, *B* in den rechten Vorhof zu liegen kommt. Diese Hohlräume, Fig. 412, $^1/_2$ nat. Gr., a. f. S., bestehen aus zwei Metallplatten, die mit einander durch vier Stahlstäbe verbunden sind und über die je eine Kautschukmembran gebunden wird. Von dem Hohlraume *A* führt eine biegsame Röhre *C* von Hartgummi durch den Hohlraum *B* hindurch bei *D* nach aussen, der Hohlraum *B* steht mit dem Inneren der Sonde direct in Verbindung; die Mündung ist bei *E*.

Beim Gebrauche dieser Doppelsonde wird die V. jugularis frei präparirt, ihr peripheres Ende abgebunden, oberhalb der Unterbindungsstelle in Länge von 2 bis 3 cm aufgeschnitten, und in die Schnittöffnung die mit Wasser befeuchtete Doppelsonde eingeführt. Durch vorsichtiges allmälig sich verstärkendes Drücken und zeitweises Stossen überwindet man den Widerstand der Klappen. Sind beide Hohlräume *A* und *B* in den Herzhöhlen, so bindet man die Sonde in die Vene ein, setzt *D* und *E* durch Kautschukschläuche mit Upham'schen Kapseln in Verbindung und bläst die in dem Herzen befindlichen Hohlräume sowie die Lufthebel durch eine an jedem Kautschukschlauch befindliche seitliche Oeffnung auf. Die Upham'schen Kapseln befestigt man an einem Stative, dass die Enden

der Hebel senkrecht über einander stehen, wie aus Fig. 413, $^1/_6$ nat. Gr., erhellt. Ein Stück der Curve, die auf diese Weise erhalten wurde, zeigt Fig. 414, nat. Gr. *A* stellt die Curve des Vorhofs, *V* die des Ventrikels dar. Die senkrecht über einander stehenden Theile der Curven entsprechen den gleichzeitigen Zuständen beider Herzabschnitte.

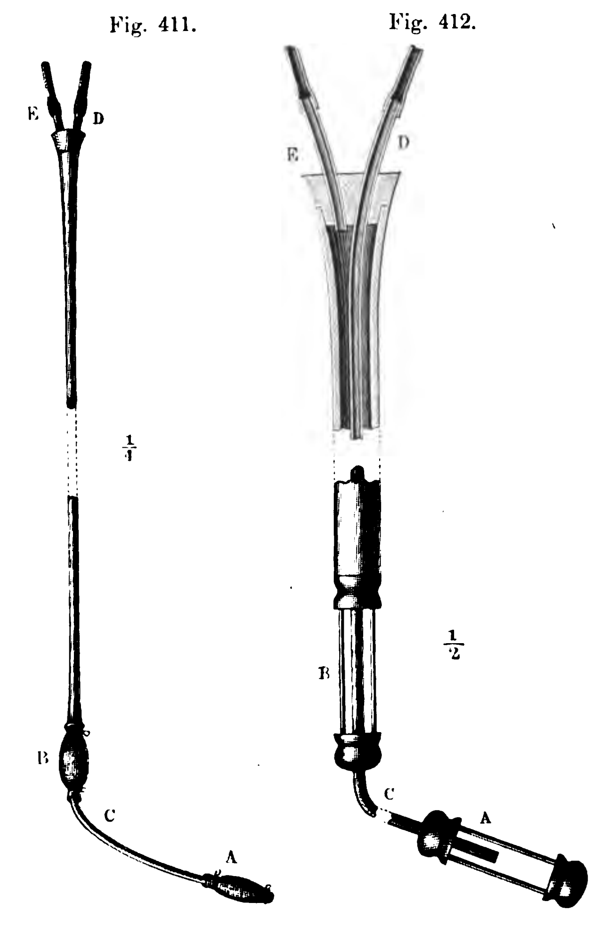


Fig. 411. Fig. 412.

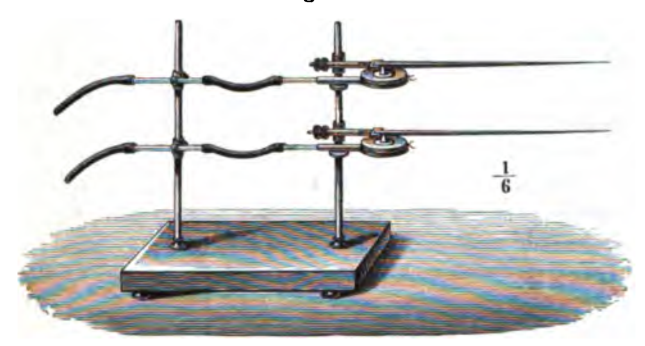
c. Auscultatorische Methoden. Diese Methoden beruhen auf der Bestimmung des Zeitintervalls zwischen je zwei Herztönen; sie wurden von Volkmann und Donders angegeben.

α. Methode von Volkmann[1]). Das Zeitintervall zwischen je zwei Herztönen wird mittelst eines Secundenpendels bestimmt, dessen Schwingungsdauer durch ein verschiebbares Gewicht an der Pendelstange beliebig verkürzt oder verlängert werden kann. Während man auscultirt, stellt man das Pendel so ein, dass seine Schwingungsdauer dem Intervalle zwischen dem ersten und zweiten Herztone gleichkommt. Ist man hiermit zu Stande gekommen, so untersucht man, wie viel solche Pendelschwingungen auf eine Minute gehen, und erhält damit die Dauer der Systole als Bruchtheil einer Minute. Hierauf bestimmt man in der nämlichen Weise das Zeitintervall zwischen dem zweiten und dem darauf

[1]) Volkmann. Ueber Herztöne und Herzbewegung. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 3, S. 323. 1845. Derselbe. Die Hämodynamik nach Versuchen, S. 362. 1850.

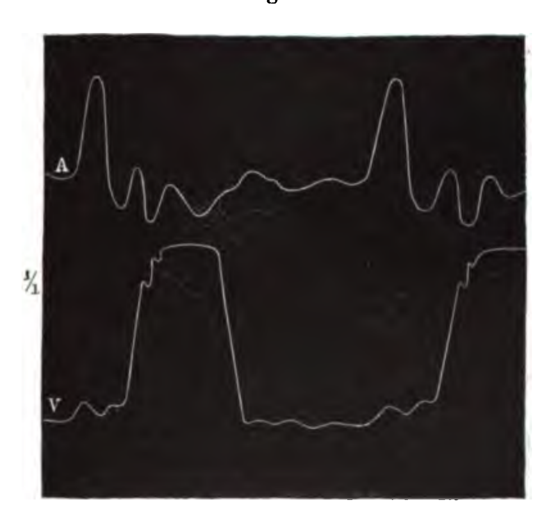
folgenden ersten Herzton, und erhält damit die Dauer der Diastole. Einen Maassstab für die Genauigkeit der Beobachtung hat man, wenn die Summe

Fig. 413.



beider Intervalle der Pulsdauer, die man besonders zu bestimmen hat, gleich gefunden wird. Je mehr man sich im Gebrauch der Methode einübt,

Fig. 414.



desto mehr stimmen die Werthe mit den Resultaten überein, die mittelst der graphischen Methode erhalten werden.

β. Methode von Donders [1]). Man auscultirt und ahmt mit der Hand den Rhythmus beider Töne mit Sorgfalt nach, indem man mittelst

[1]) Donders. De rhythmus der hartstoonen. Nederlandsch. Arch. voor Genees- en Natuurkunde. Bd. II, p. 184. 1865.

eines Hebels die ihnen entsprechenden Zeitmomente auf einen rotirenden Cylinder überträgt. Gleichzeitig wird durch einen Zeitmerker eine Curve in Secunden aufgezeichnet.

Donders stellte über die Zuverlässigkeit der Methode Versuche an, indem er die Schläge eines Metronoms nach dem Gehöre mit der Hand nachahmte und markirte. Er fand hierbei, dass der durch den Apparat bedingte wahrscheinliche Fehler sehr gering, daher zu vernachlässigen ist, dass dagegen ein persönlicher Fehler in Betracht kommt, der nicht immer im gleichen Sinne wirksam ist, sondern mit der Dauer der gesammten Periode und dem Verhältniss der beiden Theile sich veränderlich erweist. Dieser persönliche Fehler betrug im Mittel 1·25 Proc. der ganzen Periode und überstieg nicht 2·5 Proc. derselben.

Landois [1]) bediente sich statt des Hebels einer galvanischen Kette, die einen Magneten umkreiste und mit der Hand den Herztönen entsprechend geöffnet und geschlossen wurde. Der Magnet war mit einer Schreibvorrichtung versehen; die Markirung geschah auf einer rotirenden Trommel. Bei Wiederholung der Donders'schen Controlversuche fand er den persönlichen Fehler bei sich gering, im Uebrigen erhielt er ein mit den Donders'schen Werthen bis auf 0·006 und 0·015 Secunde übereinstimmendes Resultat.

d. Elektrische Methode [2]). Dieselbe besteht darin, dass mit dem Momente, wo die einzelnen Herzabtheilungen in Contraction gerathen, eine Kette geschlossen, und sobald dieselben erschlaffen, eine Kette geöffnet wird. Die Kette umkreist einen Zeitmerker, der die Oeffnung und Schliessung des Stromes auf einer rotirenden Trommel aufschreibt.

Die Ausführung der Methode geschieht dadurch, dass man auf die einzelnen Herzabtheilungen Upham'sche Kapseln, die wir S. 551 beschrieben haben, setzt, und dieselben durch Kautschukschläuche mit zweiten Kapseln verbindet, auf deren Membranen sich Metallplatten befinden. Diese Metallplatten berühren, sobald die Kautschuklamelle, auf der sie befestigt sind, sich emporwölbt, einen Metallbügel und dieser schliesst eine galvanische Kette; die Kette bleibt so lange geschlossen, als die Membran emporgewölbt ist, sinkt dieselbe, so bewegt sich mit ihr die Metallplatte nach abwärts und die Kette ist geöffnet. Die Dauer der Systole und Diastole der einzelnen Herzabtheilungen ergiebt sich aus der Länge der auf der Trommel aufgeschriebenen Linien.

Diese Methode ersann Upham bei Gelegenheit des Studiums des Herzrhythmus eines Mannes, dem das Brustbein fehlte [3]). Um die

---

[1]) Landois. Graphische Untersuchungen über den Herzschlag im normalen und krankhaften Zustande. S. 55. 1876.

[2]) Groux. Fissura sterni congenita. New observations and experiments made in America and Great Britain with illustrations of the case and instruments. p. 9. 1859.

[3]) Der Fall ist mannigfach beschrieben worden, z. B. von Hammernik. Die am Herrn Groux, Eug. Alexander, beobachtete Fissur am Sternum.

Contractionen der Vorhöfe und Ventrikel zu Gehöre zu bringen, schaltete Upham in die galvanische Kette einen Klöppel ein, der bei Schliessung des Stromes an eine Glocke anschlug.

12. Die Bestimmung der Schlagzahl des Herzens.

Die Schlagzahl des Herzens erweist sich von den verschiedensten Umständen abhängig. Vorzüglich wird dieselbe durch die Körperstellung, durch die Nahrungsaufnahme, durch die Athmung, durch Wärme, durch aufregende Affecte, namentlich aber durch Muskelbewegungen beeinflusst, wie dies bereits Nick [1]) und später Lichtenfels und Fröhlich [2]) in umfassendster Weise endgültig feststellten.

Die mittlere Schlagzahl des gesunden erwachsenen Mannes ist nach Vierordt [3]) zu 71 bis 72 in der Minute anzunehmen, die des Pferdes nach Hales [4]) zu 40; nach unseren Bestimmungen schwankt die Anzahl der Herzschläge bei Hunden zwischen 90 und 100, beim Kaninchen zwischen 120 bis 160, beim Meerschweinchen zwischen 130 und 150. Nach den Beobachtungen Fontana's [5]) schlägt das Herz des Frosches 77mal in der Minute, das des Aals 24mal und das der Schildkröte 20mal. Nach den Bestimmungen von Carus [6]) schwankt die Anzahl der Herzschläge bei den Krebsen zwischen 46 und 56, bei den Schnecken zwischen 28 und 40 in der Minute.

Die Bestimmung der Schlagzahl des Herzens geschieht entweder direct oder indirect. Direct geschieht sie durch Auflegen der Hand auf die Herzgegend oder durch die Auscultation oder mittelst besonderer Vorrichtungen, die die Herzschläge graphisch verzeichnen; bei Thieren

---

Wien. med. Wochenschr. 3. Jahrg. S. 449. 1853, und Ernst. Studien über die Herzthätigkeit mit besonderer Berücksichtigung der an Herrn A. Groux's Fissura sterni congenita gemachten Beobachtungen. Virchow's Arch. Bd. 9, S. 269. 1856.

[1]) Nick. Beobachtungen über die Bedingungen, unter denen die Häufigkeit des Pulses im gesunden Zustande verändert wird. 1826.

[2]) Lichtenfels und Fröhlich. Beobachtungen über die Gesetze des Ganges der Pulsfrequenz und Körperwärme in den normalen Zuständen sowie unter dem Einflusse bestimmter Ursachen. Denkschr. der kaiserl. Akad. der Wissensch. Math. naturw. Cl. Bd. III, 2. Abth. S. 113. 1852.

[3]) Vierordt. Die Lehre vom Arterienpuls in gesunden und krankhaften Zuständen. S. 59. 1855.

[4]) Hales. Haemastatique ou la statique des animaux; experiences hydrauliques faites sur des animaux vivans, p. 15. 1744.

[5]) Fontana. Beobachtungen und Versuche über die Natur des thierischen Körpers. Aus dem Italienischen von Hebenstreit. S. 24. 1785.

[6]) Carus. Von den äusseren Lebensbedingungen der weiss- und kaltblütigen Thiere. S. 83. 1824.

kann die Bestimmung der Schlagzahl ausserdem noch durch die Cardiopunctur in genauester Weise geschehen; bei gewissen Thieren, wie z. B. dem Frosche, den Schildkröten etc., ist das Herz blosszulegen. Indirect wird die Bestimmung durch Fühlen des Pulses vorgenommen, oder dadurch, was jedoch nur bei grösseren Thieren leicht zu bewerkstelligen ist, mittelst des Kymographions.

Wir beschäftigen uns hier nur mit der Beschreibung der directen Methoden, die indirecten handeln wir bei der Blutbewegung durch die Arterien ab. An die Beschreibung der directen Methoden reihen wir eine kurze Anleitung, einige leicht zu wiederholende Versuche am ausgeschnittenen Froschherzen anzustellen, aus denen der Einfluss verschiedener Momente auf die Schlagzahl des Herzens in deutlichster Weise erhellt.

a. **Die Cardiopunctur** wurde als Methode, um mittelst derselben die Herzschläge zu zählen, zuerst von Jung[1]) in die physiologische Methodik eingeführt. Häufig aber mit Unrecht schreibt man indessen die Einführung derselben Middeldorpf[2]) oder Schiff[3]) oder Moleschott[4]) zu. Das Jung'sche Verfahren ist in späterer Zeit in verschie-

[1]) Jung. Beobachtungen über die Verwundbarkeit des Herzens bei Thieren. Berichte über die Verhandl. der naturforschenden Gesellsch. in Basel vom August 1835 bis Juli 1836. S. 14. 1836.

[2]) Middeldorpf hat die Acupunctur nur als diagnostisches Mittel empfohlen, z. B. um die Grösse von Geschwülsten zu prüfen etc. Middeldorpf. Ueber Acupunctur. 29. Jahresber. der schlesisch. Gesellsch. für vaterl. Cultur. S. 97. 1851. Später benutzte Middeldorpf, wie Wagner mittheilt, die Acupunctur, um nach Aufhören des Athmens und des letzten Pulsschlages die letzte Thätigkeit des Herzens zu studiren. Wagner. Neurologische Untersuchungen. S. 215. 1854.

[3]) Moleschott schreibt die Entdeckung der Methode Schiff zu. Moleschott. Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlages. Dessen: Untersuch. zur Naturl. des Menschen und der Thiere. Bd. 7, S. 408. 1860. Schiff bediente sich in der That auch der Acupunctur zur Zählung der Herzschläge bei Kaninchen, indem er eine Insectennadel in das Herz einstach. Schiff. Experimentelle Untersuchungen über die Nerven des Herzens. Arch. für physiol. Heilk. Jahrg. 8, S. 174. 1849.

[4]) Brondgeest z. B. schreibt die Einführung der Methode Moleschott zu. Brondgeest. Neue Methode um die Zahl und die Dauer der Herzschläge zu registriren. Arch. f. die holländ. Beitr. zur Natur- und Heilkunde. Bd. III, S. 431, Anmerkung. 1864. Moleschott hat nur die Nadeln, deren er sich zum Zählen der Herzschläge bediente, näher beschrieben. Er benutzte wie Schiff Insectennadeln, die dicht unter dem Kopfe mit einem ösenförmigen Drahtfähnchen versehen waren, das aus einem dünnen mit rother Seide umsponnenen Kupferdraht gefertigt war. Die Nadeln hatten eine Länge von 55 mm und wogen etwa 0·33 g. Moleschott. Der Vagus als Bewegungsnerve des Herzens gegenüber den neuesten Angriffen vertheidigt. Dessen: Unters. zur Naturl. des Menschen und der Thiere. Bd. 8, S. 603. 1862.

dener Weise modificirt und vervollkommnet worden. Die diesbezüglichen Methoden rühren von Wagner, Brondgeest, Vlacovich, v. Vintschgau und Czermak her.

α. Methode Jung's. Man steckt in den linken Ventrikel von Thieren Nadeln und zählt die Pendelschwingungen der Nadel. Das Verfahren sowie die Beschreibung der hierbei in Anwendung zu ziehenden Nadeln haben wir bereits S. 572 gegeben. Czermak[1]) hat die Jung'sche Nadel mit einem Widerhaken versehen, um mittelst desselben die Nadel im Herzfleische zu befestigen. Der Widerhaken gewährt jedoch, wie wir uns überzeugten, keinen Vortheil, ist vielmehr mit dem Nachtheil verbunden, dass wenn nicht an der richtigen Stelle eingestochen wurde, beim Herausziehen der Nadel aus dem Herzen meist starke Blutungen eintreten.

Nach Wagner[2]) ist es zweckmässig, den Kopf der im Herzen steckenden Nadel an ein gut klingendes umgekehrtes Weinglas schlagen zu lassen, indem dadurch das Zählen erleichtert wird. Dieses Verfahren findet häufige Anwendung; in letzter Zeit bediente sich z. B. desselben Langendorff[3]).

Vlacovich[4]) hat die Anwendung der Jung'schen Nadel auch bei Vögeln gezeigt. Das Thier wird auf einem Brettchen so befestigt, dass die linke Seite nach oben zu liegen kommt und der betreffende Flügel den Brustkorb nicht bedeckt. Hierauf entfernt man die Federn auf der Brust, sucht mit den Fingern den mittleren Rand der grossen Incisur, welcher zwischen dem Brustbeinkörper und der langen Abdominal-Apophyse sich befindet, auf und macht einen Hautschnitt längs der Medianlinie von 3 bis 4 cm Länge. Man trägt alsdann die Brustmuskeln schichtenweise ab, bis man auf die Membran stösst, die die genannte Incisur verschliesst. Die bei der Durchschneidung der Muskeln entstehende Blutung stillt man durch Schwämmchen, die in Ferrichlorid getaucht sind. Man schneidet die Membran, die die genannte Incisur verschliesst, durch, entfernt mit einer Zange einen kleinen Theil des Brustbeins an der oberen und inneren Seite, eröffnet das Pericardium, ohne es zu entfernen, und sticht durch einen Lappen desselben die Nadel in das Herz ein.

β. Methode von Brondgeest[5]). An die im linken Ventrikel steckende Herznadel wird ein Faden geknüpft, der über eine messingene

---

1) Czermak. Zwei Versuche über Herzbewegungen bei Kaninchen. Briefliche Mittheilung an Wagner. Dessen: Neurologische Untersuchungen. S. 231. 1854.

2) Wagner. Neurologische Untersuchungen. S. 217. 1854.

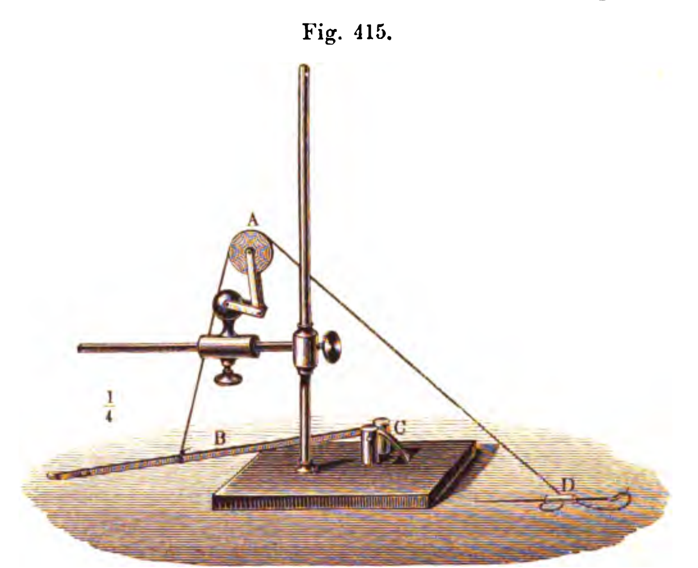
3) Langendorff. Studien zur Physiologie des Herzvagus. v. Wittich. Mittheil. aus dem Königsberger physiol. Laborat. Bd. 1, S. 68. 1878.

4) Vlacovich. Applicazione del metodo meccanico alla numerazione dei battiti cardiaci nel tacchini e nei polli. Att. del. R. Istituto veneto di scien. lett. ed art. Ser. III. T. 16, p. 1689. 1871.

5) Brondgeest. Neue Methode um die Zahl und die Dauer der Herzschläge zu registriren. Arch. f. die holländischen Beiträge zur Natur- und Heilkunde. Bd. III, S. 433. 1864.

nach allen Richtungen hin bewegliche Rolle *A*, Fig. 415, 1/4 nat. Gr., läuft und an dem Hebel *B*, der aus leichtem Holze gefertigt ist, endet.

Fig. 415.



Die Eigenschwingungen des Hebels werden durch die Stahlfeder *C*, welche am hinteren Ende des Hebels unweit des Stützpunktes angebracht ist und die den aufgehobenen Hebel herabdrückt, möglichst beseitigt. Am vorderen Ende des Hebels befindet sich der Schreibstift. Der Apparat wird neben dem rotirenden Cylinder aufgestellt. Um die Schwingungsweite des Hebels *B* bei sehr grossen Excursionen der Nadel zu verringern, ist an der Herznadel ein Röhrchen *D* angebracht, welches auf derselben verschoben werden kann und durch das der Faden hindurch geführt wird. Je weiter das Röhrchen und damit der Anhaltspunkt des Fadens nach unten verschoben wird, desto geringer werden natürlich die Excursionen, die auf der rotirenden Trommel aufgeschrieben werden. Der Faden hat eine Länge von 4 bis 5 dm; derselbe muss vor dem Gebrauche stark gedehnt werden. Zu dem Ende lässt man ihn einige Zeit vorher ein bestimmtes Gewicht tragen.

Um die Zahl der auf der Trommel aufgeschriebenen Herzschläge zeitlich zu bestimmen, liess Brondgeest unterhalb derselben eine Zeitcurve aufschreiben. Wir heben dies hervor, weil **Brondgeest** mit dieser Arbeit die Elektromagneten zur Gewinnung von Zeitcurven in die physiologische Methodik einführte.

γ. Methode von Vlacovich und v. Vintschgau[1]). Man ver-

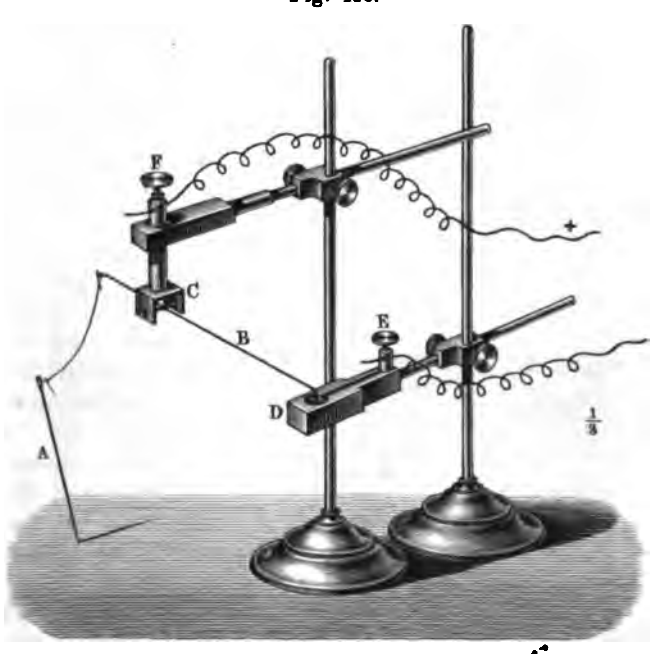
[1]) Vlacovich e Vintschgau. Intorno ai sussidj meccanici meglio acconci a determinare con precisione il numero delle pulsazioni cardiache nei

bindet die Herznadel durch einen Faden mit einem Hebel, durch dessen Bewegung ein elektrischer Strom geöffnet oder geschlossen wird, der ein Zählerwerk von Siemens und Halske auslöst.

Die Versuchseinrichtung zeigt Fig. 416, $^1/_3$ nat. Gr. *A* ist die Herznadel. Dieselbe hat eine Länge von etwa 70 mm und ein Gewicht von



Fig. 416.



0·3 bis 0·4 g. Dieselbe steht mit dem dünnen Kupferdraht *B* durch einen seidenen Faden in Verbindung. *B* dient als Hebel; derselbe ist in einem Stützlager *C* aufgehängt, das nach allen Richtungen hin verstellt werden kann. Beim Abwärtsgehen des Hebels taucht der längere, am Ende etwas gebogene Arm in ein Quecksilbernäpfchen *D*, das sich an einem Stative befindet. Da der Träger des Stützlagers *C* durch die Klemmschraube *F* mit dem einen Pole einer galvanischen Kette in Verbindung steht und aus dem Quecksilbernäpfchen *D* durch die Klemmschraube *E*

---

conigli. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akadem. der Wissensch. Bd. 50. 2te Abth. S. 425. 1865. Dieselben; Della numerazione dei battiti cardiaci nelle ricerche fisiologiche sul vago e sul simpatico. Atti del R. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti. Ser. III, t. 16. p. 1556. 1871. v. Vintschgau. Ueber die Zählung der Herzschläge bei physiologischen Versuchen über den Vagus und den Sympathicus. Ber. des naturw.-med. Vereins in Innsbruck. 2. Jahrg. S. 93. 1872.

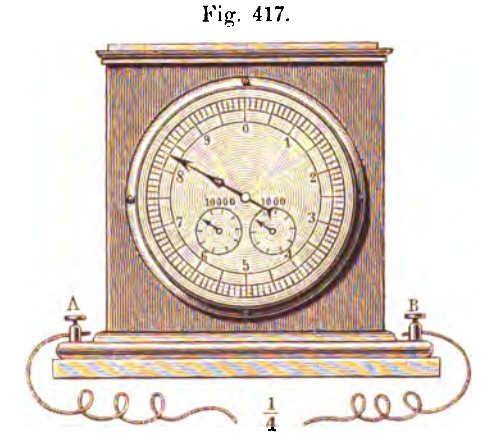
eine Leitung zu dem anderen Pole der Kette führt, so wird die Kette geschlossen, so oft *B* in *D* eintaucht, und dieselbe geöffnet, so oft der längere Arm von *B* eine ergiebige Bewegung nach aufwärts macht.

Der Hebel *B* functionirt sehr gut, wenn er mit dem Horizont einen Winkel von ungefähr 15 bis 20⁰ bildet, so dass der freie längere Arm tiefer steht, der Seidenfaden sowohl mit der Herznadel als auch mit dem Hebel einen nach dem Abdomen des Thieres offenen stumpfen Winkel bildet, und endlich Nadel, Faden und Hebel so gut als möglich sich in einer Ebene befinden.

Um die Zahl der Nadelschwingungen zu registriren, kann man sich entweder eines Schreibapparates von Morse [1]) bedienen oder eines elektrischen Zählerwerkes. Man wählt zweckmässig das letztere, da die Zählung der auf dem Papier mit dem Morse'schen Apparate verzeichneten Punkte zu viel Zeit in Anspruch nimmt.

Das elektrische Zählerwerk zeigt Fig. 417, $^1/_4$ nat. Gr. Dasselbe unterscheidet sich im Wesentlichen dadurch von der Einrichtung der elektrischen Uhren von Siemens und Halske [2]), dass die Räderübersetzung statt auf der Anzeige von Minuten und Stunden auf dem Decimalsystem sich aufbaut. Dem entsprechend ist das Zifferblatt in 100 Thle. getheilt; auf diesem befinden sich weiter noch zwei kleinere Zifferblätter, von denen das eine 10, das andere 100 volle Umdrehungen des Hauptzeigers angiebt. Der elektrische Strom tritt durch die Klemmschraube *A* in den Apparat und verlässt denselben durch die Klemmschraube *B*.

Fig. 417.

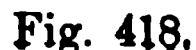


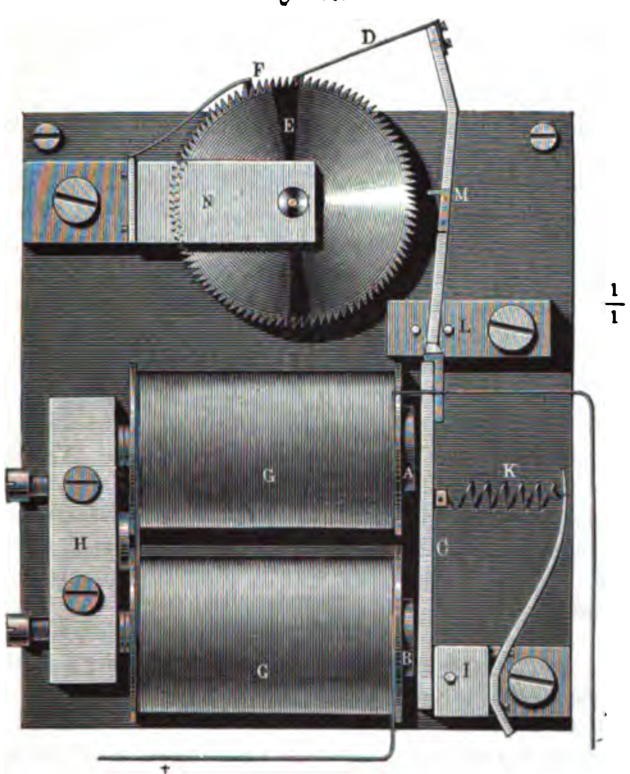
Die innere Einrichtung des Zählerwerkes erhellt aus Fig. 418, nat. Gr. Dieselbe besteht aus dem Elektromagneten *GG*, der mit einer Drahtwindung umgeben und isolirt auf der Platte *H* aufgeschraubt ist, dem um *I* drehbaren Anker *C*, an dessen Verlängerung sich der Stösser *D* und die Schneide *M* befinden, dem Rade *E*, dessen Axe in der Platte *N* ruht und das mit 100 schräg eingeschnittenen Zähnen versehen ist, dem federnden Sperrhaken *F* und der Abreissfeder *K*, welche den Anker *C* nach Aufhören des Stromes gegen den Anhaltestift *L* zieht.

---

1) Schellen. Der elektromagnetische Telegraph. S. 396. 1867.
2) Schellen. Der elektromagnetische Telegraph. S. 731. 1867.

So oft nun ein elektrischer Strom den Elektromagneten *GG* umkreist, wird der Anker *C* von den Polen *A* und *B* des Elektromagneten ange-


Fig. 418.



zogen und das Rad *E* durch den Stösser *D* um einen Zahn fortgestossen. Damit dies nur um einen Zahn geschieht, dient die Schneide *M*, welche sofort in eine Zahnlücke einfällt. Damit keine Rückwärtsbewegung des Rades *E* stattfindet, greift der Sperrhaken *F* zu gleicher Zeit in eine Zahnlücke ein. Wird dagegen der Strom unterbrochen, so zieht die Feder *K* den Anker *C* in seine Ruhelage gegen den Stift *L* wieder zurück.

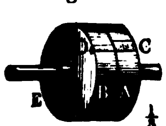
Das Zählerwerk giebt die Zahl der Unterbrechungen genau wieder. Darauf bezügliche Versuche von Vlacovich und v. Vintschgau ergeben, dass bis 1200 Unterbrechungen in einer Minute genau angezeigt werden. Zu 10000 Unterbrechungen war ein Zeitraum von 8′ 33″ erforderlich. Zum Betriebe des Zählerwerkes genügen zwei kleine Grove'sche Elemente.

Sollen nun mittelst dieser Methode die Anzahl der Herzschläge bestimmt werden, so wird die Herznadel in den linken Ventrikel des

auf ein Brett gebundenen Thieres eingesteckt und Hebel und Quecksilbernäpfchen in passender Weise festgestellt. Ist das Zählerwerk im Gange, so beobachtet man den Lauf des Zeigers, indem man zu gleicher Zeit die Bewegung eines Secundenzeigers auffasst. Man notirt den Stand des Zeigers des Zählerwerkes bei Beginn und bei Ende der Beobachtung. Die Differenz giebt die Anzahl der Herzschläge an, welche das Thier während der Beobachtungszeit vollführte.

Da diese Bestimmung der Herzschläge einen Gehülfen voraussetzt, welcher die Zeiteinheiten anzugeben hat, welche auf eine Beobachtung entfallen, so schalteten Vlacovich und v. Vintschgau um denselben zu entbehren, in den elektrischen Kreis zur Markirung der Zeit ein Secundenpendel von besonderer Einrichtung ein. Das Pendel, das durch ein Gewicht in Schwingungen erhalten wird, besitzt nämlich ein Sperrrad von 31 Zähnen, so dass eine volle Umdrehung in einem Zeitraum von 62 Secunden geschieht. Die Axe des Rades steht mit dem einen Ende des elektrischen Kreises in leitender Verbindung; dieselbe trägt einen Metallcylinder, auf dem ein metallener Bügel gleitet, der mit dem anderen Ende des elektrischen Kreises in Verbindung steht. Die Mantelfläche des Cylinders ist in zwei parallele gleich grosse Zonen getheilt. Auf der Zone A, Fig. 419, $^1/_3$ nat. Gr., ist ein Elfenbeinplättchen C eingelassen, dessen Breite $= {^2/_{62}}$ des Cylinderumfanges beträgt; auf der Zone B befinden sich zwei Plättchen, die je die Breite von $^1/_{62}$ des Cylinderumfanges besitzen; das eine Plättchen D ist neben C angebracht, das andere E befindet sich D gegenüber. Der Strom ist geschlossen, sobald der Bügel der Metallfläche des Cylinders aufliegt, der Strom ist unterbrochen, sobald der Bügel auf einem der nicht leitenden Elfenbeinplättchen ruht. Liegt der Bügel auf der Zone A, und setzt man das Uhrwerk in Gang, so beginnt die Unterbrechung genau in dem Moment, in welchem das Pendel 60 Schwingungen vollendet hat; dieselbe dauert durch die zwei nächstfolgenden Schwingungen = 2 Secunden und hört in dem Momente auf, in welchem das Pendel die 63ste oder die erste Schwingung der nächstfolgenden Zeiteinheit beginnt. Gleitet der Bügel über die Zone B, so finden bei einem vollen Umgange zwei Unterbrechungen statt, von denen eine jede die Dauer einer Secunde besitzt. Der Bügel lässt sich durch eine seitliche Handhabe von einer Zone auf die andere verschieben, dem entsprechend kann der Strom nach je 30 oder nach je 60 Secunden unterbrochen werden.

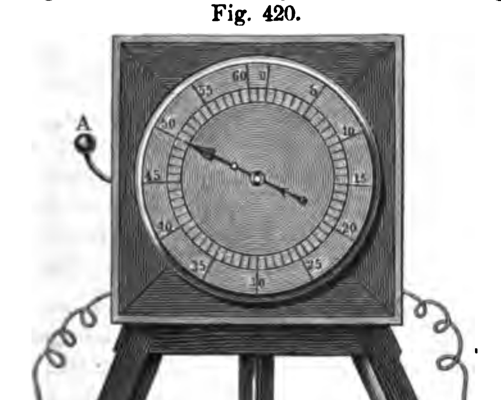
Fig. 419.



Der Secundenzeiger der Uhr kreist auf einem Zifferblatte, das in 62 Theile getheilt ist. Fig. 420, $^1/_4$ nat. Gr. Der Zeiger vollendet, da er die nämliche Axe wie das Sperrrad besitzt, gleichfalls eine Umdrehung in 62 Secunden. Mittelst der Handhabe A geschieht die Einstellung des oben beschriebenen Bügels auf eine der Zonen des Cylinders, der in Fig. 419, $^1/_3$ nat. Gr., abgebildet ist.

Durch die Einschaltung dieses Pendels in den elektrischen Kreis ist die Möglichkeit der Zeitmarkirung von 30 und 60 Secunden gegeben; die Ablesungen an dem Zählerwerk können in Bequemlichkeit geschehen, da der Zeiger desselben, sobald Stromunterbrechung in der Pendeluhr erfolgt, 1 bis 2 Secunden je nach der Stellung des Bügels stillsteht.

Fig. 420.

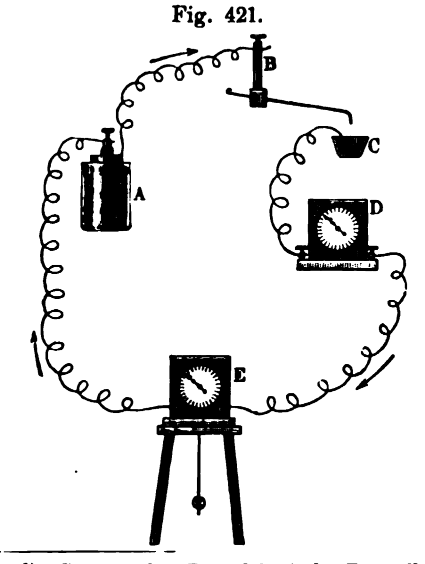


Die Verbindung der verschiedenen Apparate unter einander versinnlicht schematisch Fig. 421. *A* bedeutet das galvanische Element, *B* den Träger des Hebels, *C* das Quecksilbernäpfchen, *D* das Zählerwerk, *E* die Pendeluhr und die Pfeile die Richtung des Stromes.

Die Methode von Vlacovich und v. Vintschgau ist unbrauchbar, sobald die Thiere sehr unruhig sind und Narcotisirung oder Curarevergiftung durch den Versuchszweck ausgeschlossen sind.

δ. Methode von Czermak [1]. Man verbindet die Herznadel mittelst eines steifen Strohhalms mit dem von Czermak [2] construirten Doppelhebel. Dieses Instrument besteht aus zwei einander parallel laufenden Hebeln, deren Axenlager, in gleicher Flucht liegend, beiden Hebeln nur Drehungen um ein und dieselbe mathematische Linie gestatten und wohl isolirt mit je einem Pole der Kette in leitender Verbindung stehen. Der eine Hebel, den wir als den primären bezeichnen, wird unmittelbar durch den zu registrirenden Vorgang in Bewegung gesetzt, der andere oder secundäre wird dagegen von dem primären beim Hingange wie beim Rückgange

Fig. 421.



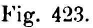
[1]) Czermak. Der elektrische Doppelhebel. S. 24. Anmerkung. 1871.

[2]) Czermak. Der elektrische Doppelhebel und seine Verwerthung zum graphischen Registriren der secundären Zuckung vom Herzen aus. Sitzungsber.

mitgenommen. Der secundäre Hebel geht in seinem Axenlager mit einem solchen Minimum von Reibung, dass er ohne an seiner leichten Beweglichkeit wesentlich einzubüssen, dennoch in jeder beliebigen Stellung, in die ihn der primäre gebracht, von selbst stehen bleibt.

Diese beiden Hebel zeigt Fig. 422, nat. Gr. Dieselben stellen kleine Stäbchen aus Messing oder Aluminium von etwa 17 mm Länge dar.

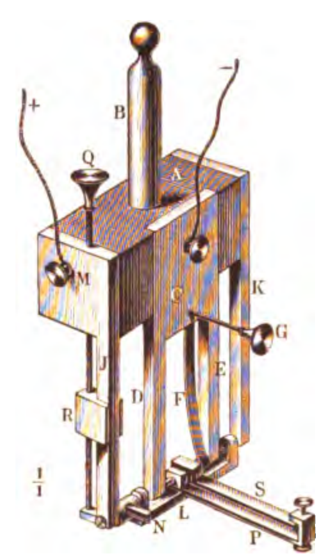
Fig. 422.



Der primäre Hebel P dreht sich in einem bügelförmigen Axenlager, ist an seinem freien Ende aufund umgebogen und trägt zwei Schräubchen. Das obere ist aus Messing gefertigt und besitzt eine Platinspitze, das untere besteht entweder ganz aus Elfenbein oder trägt doch eine Spitze von Elfenbein. An dem freien Ende des secundären Hebels befinden sich zwei Plättchen, von denen das obere aus Platin, das untere aus Elfenbein oder Hartgummi besteht.

Die Axe, auf der der Hebel S befestigt ist, bewegt sich in den Spitzen feiner Schräubchen, die an den unteren Enden der Messingstäbchen D und E, Fig. 423, nat. Gr., die sich zu einer Platte C vereinigen, angebracht sind. Die Platte C ist in dem Prisma A von Hartgummi befestigt und trägt eine Klemmschraube. Auf dem einen Theil der Axe schleift ein zartes Metallfederchen F, das mittelst der Schraube G mehr oder weniger gespannt werden kann. Dadurch kann der Grad der Reibung, mit welcher die Axe bei ihrer Drehung zwischen den Spitzen geht, beliebig gesteigert oder vermindert oder ganz aufgehoben werden.

Fig. 423.



Die Axe, auf der der Hebel P befestigt ist, dreht sich mit der grössten Leichtigkeit zwischen den Spitzen feiner Schräubchen, die in die unteren Enden der Messingstäbchen J und K eingelassen sind. Dieselbe besteht aus einem cylindrischen und einem bügelförmig gebogenen Theil. Auf letzterem ist der Hebel P in der Mitte befestigt, genau unter dem Befestigungspunkte des Hebels S. Auf dem cylindrischen Theil der Axe befindet sich ein prismatischer Zapfen N, dessen Verlängerung nach hinten ein Stäbchen O, Fig. 424, nat. Gr., bildet, an den das untere Ende einer feinen Spirale

der kaiserl. Akad. der Wissensch. Math.- naturw. Cl. Bd. 59, 2te Abth., S. 244. 1869. Derselbe: Der elektrische Doppelhebel. S. 18. 1871.

eingehakt ist; das obere Ende der Spirale ist an einem Messingstücke *R* befestigt, das die Säule *J* von drei Seiten umgreift und an dieser mittelst der Schraube *Q* auf- und niederbewegt werden kann. Je nachdem man das Messingstück *R* hinauf oder herunter schraubt, wird die Spiralfeder gespannt oder entspannt.

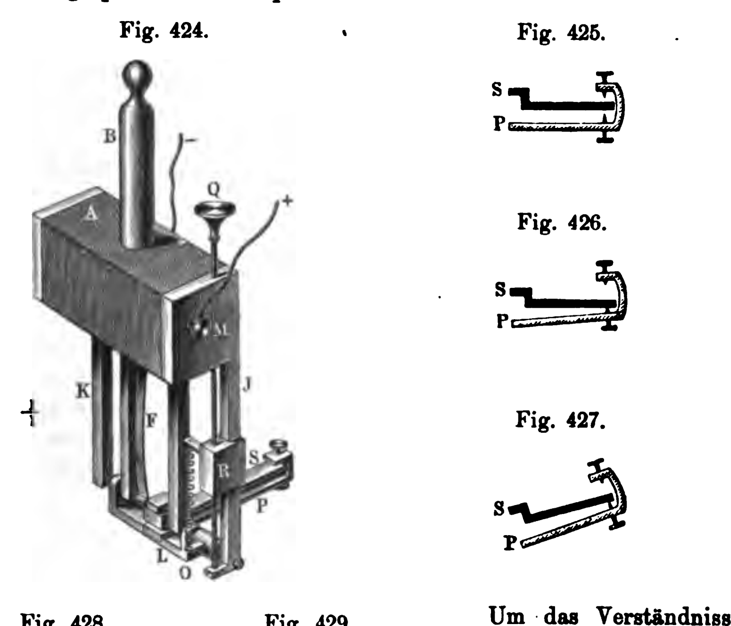


Fig. 424. Fig. 425. Fig. 426. Fig. 427.

Fig. 428. Fig. 429.

Um das Verständniss für die Function des Doppelhebels, Anfang und Ende einer Bewegung durch Oeffnen und Schliessen eines elektrischen Stromes genau anzuzeigen, zu erleichtern, halten wir für zweckmässig, einige schematische Abbildungen zu geben, welche die Stellung der Hebel in verschiedenen Phasen ihrer Bewegung zu einander zum Gegenstande haben. Fig. 425 stellt die beiden Hebel in der Ruhelage dar. Mit *S* bezeichnen wir den secundären Hebel, mit *P* den primären. Macht der Hebel *P* nun eine Bewegung nach aufwärts, Fig. 426, so stösst das untere Schräubchen an die untere Fläche des Hebels *S* und nimmt diesen mit, Fig. 427, macht der Hebel *P* dagegen eine rückläufige Bewegung, so stösst die obere Schraube von *P* auf die obere Fläche des Hebels *S*, Fig. 428, und führt ihn mit sich. Macht der Hebel *P* wieder eine Bewegung nach aufwärts, so stösst wieder die untere Schraube von *P* an die untere Fläche des Hebels *S*, Fig. 429, und führt diesen nach aufwärts. So wiederholt sich das Spiel bei jeder Auf- und Abwärtsbewegung. Da der Hebel *S* stets in der Stellung verharrt, in die er durch den Hebel

P gebracht wird, so befindet derselbe sich jedesmal in Ruhe, sobald der Hebel *P* seine Bewegung ändert. Die Ruhelage dauert so lange als die Schräubchen Zeit zur Berührung der jeweiligen Fläche des Hebels *S* brauchen.

Uebertragen wir die Betrachtungen über den Gang derartiger Hebel auf das Czermak'sche Instrument, so wird der elektrische Strom, der durch die Klemmschraube *M* in den Apparat eintritt und weiter geleitet wird, geschlossen, sobald die obere Klemmschraube des Hebels *P* das Platinplättchen berührt, das sich auf der oberen Fläche des Hebels *S* befindet; derselbe wird geöffnet, sobald die untere Schraube des Hebels *P* das Elfenbeinplättchen berührt, das sich auf der unteren Fläche des Hebels *S* befindet.

Will man mittelst des Czermak'schen Doppelhebels die Herzbewegungen registriren, so befestigt man an dem oberen Ende der Herznadel einen steifen Strohhalm und verbindet diesen mit dem prismatischen Zapfen *N*, Fig. 423, nat. Gr. Dabei giebt man dem Doppelhebel, der an der Messingstange *B* in einem Kugelgelenk so befestigt ist, dass er nach allen Richtungen hin gestellt werden kann, eine solche Stellung, dass der Zapfen *N* den Bewegungen der Herznadel zu folgen vermag, was in den meisten Fällen dadurch zu erreichen ist, dass die Contactvorrichtung nach unten hängt, während der Strohhalm sich in einer mehr horizontalen Ebene bewegt.

Die Methode Czermak's empfiehlt sich in allen Fällen da anzuwenden, wo durch den Versuchszweck Curaresirung oder Narcotisirung ausgeschlossen ist, wie v. Vintschgau [1]) erprobte.

b. **Die Bestimmung der Schlagzahl des Herzens durch die Auscultation** geschieht mittelst eines Stethoskopes. Will man an sich die Schlagzahl des Herzens feststellen, so benutzt man das Stethoskop von König, das wir bei den Herztönen beschreiben werden. Gleichzeitig mit dem Hören der Herztöne ist mit dem Auge die Bewegung eines Secundenzeigers aufzufassen.

Sind die Herzschläge sehr zahlreich, so folgt man dem Rathe v. Bezold's [2]), immer nur bis 8 zu zählen und dann wieder von vorn anzufangen. So oft acht Schläge vollendet sind, markirt man einen Finger und fährt so lange fort, bis eine Viertelminute um ist. Diese Methode gewährt bei einiger Uebung sehr gute Resultate.

c. **Die graphische Methode** wurde von Marey [3]) ersonnen, um den Herzschlag bei kleineren Thieren, Kaninchen, Meerschweinchen etc.,

---

[1]) v. Vintschgau. Ueber die Zählung der Herzschläge bei physiologischen Versuchen über den Vagus und den Sympathicus. Ber. des naturw.-med. Vereins in Innsbruck. 2. Jahrg. S. 93, Anmerkung. 1872.

[2]) v. Bezold. Untersuchungen über die Innervation des Herzens. S. 54. 1863.

[3]) Marey. La méthode graphique dans les sciences expérimentales. Physiol. expériment. Trav. du laborat. de M. Marey. Année 1876, p. 212. 1876.

zu verzeichnen. Der Apparat, der hierbei in Anwendung zu bringen ist, besteht aus zwei mit Kautschukmembranen überspannten Kapseln *A* und *B*, Fig. 430, nat. Gr., die mit einander durch ein Charnier *C* verbunden sind. Im Innern jeder Kapsel befindet sich eine Feder, die der Membran anliegt. Die Kapseln stehen je durch einen Kautschukschlauch mit der Y-förmigen Röhre *D* in Verbindung; diese führt zu einer Upham'schen Kapsel mit Hebel. Die Kapseln *A* und *B* werden auf beiden Seiten des Thorax aufgelegt und soweit durch das Charnier *C* einander genähert, dass die eine Trommel dem rechten, die andere dem linken Herzen aufliegt. Dies kann bei genannten kleineren Thieren geschehen, weil das Herz bei diesen meist in der Mitte liegt. Zur Befestigung der Kapseln dient das Kautschukband *E*, das über den Rücken des Thieres geschlungen und an den seitlichen Haken der Kapseln befestigt wird.


Fig. 430.

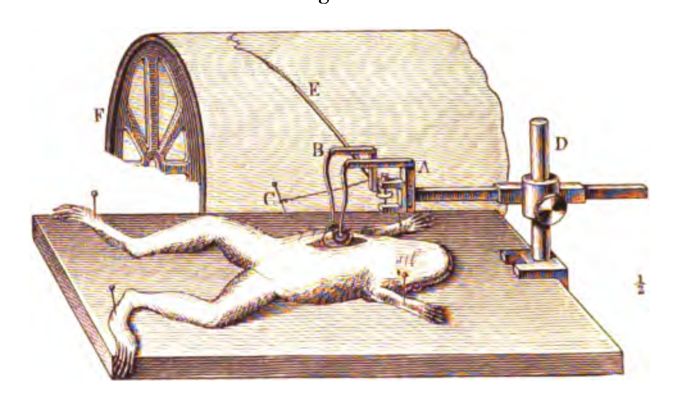


Sind die beiden Trommeln *A* und *B* durch eine Y-förmige Röhre verbunden, so markirt der Hebel der Upham'schen Kapsel bei seiner Erhebung den Herzschlag; will man dagegen die Ventrikelcontractionen nur des rechten oder linken Herzens aufschreiben lassen, so klemmt man den einen oder anderen Schenkel der Y-förmigen Röhre ab. Will man die Contraction beider Ventrikel gleichzeitig z. B. über einander verzeichnen lassen, so muss *A* und *B* durch einen Kautschukschlauch mit je einer Upham'schen Kapsel verbunden werden.

Will man die Herzschläge der Frösche graphisch aufzeichnen lassen, so wird der Frosch auf den Rücken aufgespannt, das Herz blossgelegt und an dieses beiderseits zwei runde Plättchen gelegt, die an zwei gebogenen Trägern *A* und *B*, Fig 431, $1/2$ nat. Gr., a. f. S., befestigt sind. Der eine Träger *A* ist in dem Stative *D*, der andere *B* ist an dem beweglichen Hebel *E* befestigt. Sobald der Ventrikel sich contrahirt, verschiebt er das Plättchen, das an dem Träger *B* befestigt ist, und mit diesem den Hebel *E*; damit derselbe sich wieder an das Herz anlegt, dient ein Kautschukfaden, der den Hebel nach jeder Excursion wieder zurückzieht. Der Kautschukfaden ist an der Nadel *C* befestigt. Der Faden darf nicht

zu stramm gespannt werden, sonst drückt er den Ventrikel zusammen und ruft dadurch Aenderungen im Herzschlag hervor.

Fig. 431.



Damit das bewegliche Plättchen unter gleichmässigem Drucke dem Herzen anliegt, bringt man nach Jolyet [1]) statt der Nadel *C* eine Rolle an, über welche mittelst eines Fadens ein kleines Gewicht aufgehängt wird, das der Ventrikel bei jeder Systole heben muss.

Die Aufzeichnung der Bewegungen des Ventrikels geschieht auf einen horizontal gestellten berussten Cylinder *F* mittelst des mit einer Schreibfeder versehenen Hebelarms *E*.

d. Versuche am ausgeschnittenen Froschherzen. Die hier mitzutheilenden Versuche sollen zur Demonstration des Einflusses dienen, den das Blut, Wärme und Kälte, sowie verschiedene Gase auf die Schlagzahl des Herzens ausüben.

α. Einfluss des Blutes auf die Schlagzahl des Herzens. Bekanntlich hört ein blutleeres Herz bald zu schlagen auf; dasselbe Herz schlägt aber sofort wieder, sobald ihm Blut zugeführt wird. Diesen Versuch stellt man nach Schiff [2]) am besten in der Weise an, dass man ein ausgeschnittenes Froschherz mit geöffneter Aorta auf eine dicke Lage Fliesspapier legt, so dass alles ausfliessende Blut sofort aufgesaugt wird. Hat das Herz aufgehört zu schlagen, so bringt man durch ein kleines Glasröhrchen, das man durch den Vorhof in den Ventrikel steckt, etwas Blut in den Ventrikel ein; alsbald fängt das Herz wieder an zu schlagen.

β. Der Einfluss von Wärme und Kälte auf die Schlagzahl des Herzens lässt sich leicht dadurch zeigen, dass man das ausge-

---

[1]) Jolyet. Action du sulfate de magnésie sur les battements du coeur. Gaz. méd. de Paris, 5. sér. T. VII, p. 198. 1878.

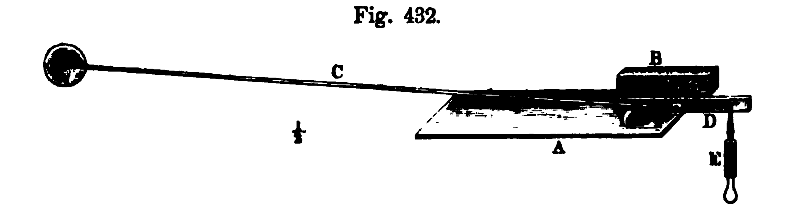
[2]) Schiff. Der Modus der Herzbewegung. Arch. für physiolog. Heilkunde. 9. Jahrg. S. 36. 1850.

schnittene Herz auf eine Metallplatte legt, und dieselbe erwärmt oder durch eine kalte Unterlage erkältet, oder dass man das Herz auf einen Stricker'schen heizbaren Objecttisch, den wir S. 252 beschrieben haben, legt und abwechselnd warmes oder kaltes Wasser durch den Apparat leitet. Will man die Vermehrung des Herzschlags durch die Wärme oder die Verlangsamung desselben durch die Kälte besonders markiren lassen, so bedient man sich der einfachen Vorrichtung von Lauder Brunton, will man die Herzschläge aufzeichnen lassen, so wendet man den Apparat von Marey an.

aa. Die Vorrichtung von Lauder Brunton [1])

zeigt Fig. 432, $^1/_2$ nat. Gr. Man stellt sich dieselbe in folgender Weise selbst her. Man befestigt auf einer Zinn- oder Glasplatte von etwa 6 cm Länge und 3 cm Breite mittelst Siegellack ein Korkklötzchen *B* so, dass dasselbe ungefähr 1 cm über den Rand der Platte *A* hervorragt.

Fig. 432.



Hierauf macht man ein kleines Löchelchen in ein hölzernes Stäbchen *D*, steckt durch dieses eine Nadel und sticht diese in das Klötzchen *B* ein. Das Stäbchen wird dadurch zum Hebel und kann sich wie auf einer Axe frei bewegen. Die einfachste Methode, um ein Loch von passender Grösse zu machen ist die, dass man die Nadel rothglühend macht und damit ein Loch einbrennt. Damit der Hebel nicht an der Nadel entlang gleitet, bringt man an jeder Seite ein kleines Stückchen Pappe an, das zur Vermeidung der Reibung mit Oel getränkt ist. An den Hebel *D* klebt man alsdann einen langen dünnen Strohhalm *C*, der an seinem oberen Ende ein Stück runden Papiers als Signal trägt.

Mittelst dieser einfachen Vorrichtung lassen sich nun die Herzbewegungen sehr schön zeigen. Man legt das ausgeschnittene Froschherz unter den Hebel *D*. Da nun aber das Gewicht desselben, welches durch den Strohhalm und das Papiersignal noch erhöht wird, zu gross sein würde, als dass das Herz es zu heben vermöchte, so muss ein Gegen-

[1]) Lauder Brunton. A simple method of demonstrating the effect of heat and poisons upon the heart of the frog. The journ. of anatom. and physiol. Vol. 10, p. 602. 1876.

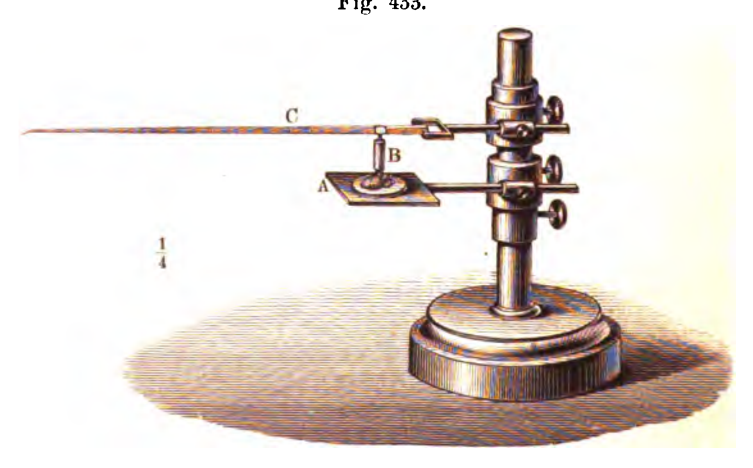
gewicht angebracht werden, um das Gleichgewicht herzustellen. Man befestigt deshalb an dem freien Ende des Hebels *D* ein kleines Zängelchen *E*, und regulirt je nach der Richtung des Zängelchens das Gewicht des Hebels. Hat man den Hebel richtig eingestellt, so bewegt sich mit jedem Herzschlag der Strohhalm *C*.

Bringt man nun die Platte *A* auf zerstossenes Eis, so werden die Pulsationen des Herzens immer langsamer und hören, wenn das Zimmer nicht zu warm ist, ganz auf. Entfernt man die Platte von dem Eise, so nehmen die Herzschläge an Schnelligkeit wieder zu. Hält man eine Spirituslampe in einiger Entfernung unter *A*, so schlägt das Herz in der Weise wie die Wärme zunimmt, bis zu einem gewissen Grade schneller; kühlt man die Platte *A* wieder ab, so verlangsamt sich auch wieder der Herzschlag.

bb. Der Apparat von Marey [1]).

Das ausgeschnittene Herz wird auf eine Metallplatte *A*, Fig. 433, $1/4$ nat. Gr., gelegt, auf der sich eine der Form des Herzens entsprechende, aus Wachs gebildete Unterlage befindet. Auf das Herz wird ein in eine conische Spitze zulaufendes Klötzchen *B*, das aus Hollunder-

Fig. 433.



mark geschnitzt ist, gelegt. Das Klötzchen ist an seinem oberen Ende mit einem Gelenk versehen, das mit dem aus Holz gefertigten Hebel *C* in Verbindung steht. Die Spitze des Klötzchens *B* wird auf die Mitte des Ventrikels aufgesetzt. Ist dies in der richtigen Weise geschehen, so zeigt der Hebel die Pulsationen des Herzens genau an.

---

[1]) Marey. Mémoire sur la pulsation du coeur. Physiologie expérimentale. Travaux du labor. de Marey. Année, 1875, p. 44. 1876.

Um eine Verlangsamung des Herzschlags zu erzielen, legt man Eisstückchen auf die Platte *A*, um eine Beschleunigung durch Wärme hervorzurufen, bringt man eine Spirituslampe in die Nähe derselben.

γ. Einfluss der Gase auf die Herzbewegung. Man bringt das Herz unter eine Glasglocke, die mit einem Tubulus versehen ist. In dem Tubulus befindet sich ein doppelt durchbohrter Kautschukpfropf mit zwei Glasröhren. Die eine Glasröhre führt zu einem Gasometer oder zu einem Gasentbindungsapparate, die andere mündet frei, Fig. 434, 1/2 nat. Gr. Das Herz wird auf eine Glasplatte gelegt, die Glasglocke darüber gestülpt und ringsum der Rand derselben mit Fett bestrichen. Durch das einströmende Gas ist die atmosphärische Luft in kürzester Zeit aus dem Glöckchen verdrängt.

Fig. 434.



Glasglöckchen von passender Grösse fertigt man sich aus kleinen Fläschchen, deren Boden abgesprengt und abgeschliffen wird.

Castell [1]) fand z. B., dass ein kräftig schlagendes Froschherz nach Einleiten von Kohlensäuregas allmälig langsamer schlägt und nach 6 bis 7 Minuten vollständig zur Ruhe kommt. Kommt das Herz wieder an die Luft, so fängt es nach 15 bis 20 Minuten wieder an zu arbeiten.

13. Von dem Herzstosse.

Herzstoss nennt man die an einer umschriebenen Stelle des Thorax wahrnehmbare rhythmische Erhebung, welche durch die Bewegung des Thorax hervorgebracht wird. Zur Demonstration und der Analyse der Erscheinung benutzt man je nach dem beabsichtigten Zweck entweder die Methode von Gerhardt, oder die manometrische Flamme oder einen der verschiedenen Sphygmographen oder besondere Apparate, Cardiographen [2]) genannt, die von Marey, Brondgeest, Klemen-

[1]) Castell. Ueber das Verhalten des Herzens in verschiedenen Gasarten. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1854, S. 241. 1854.

[2]) Der Name Cardiograph wurde von Wagner zuerst gebraucht. Wagner belegte mit diesen Namen ein Instrument, das aus einer Nadel, die in das Herz eingestochen wurde, und einem Fühlhebel nebst Pinsel bestand, welcher die Excursionen der Nadel, die durch das schlagende Herz erzeugt wurden, auf eine vorübergleitende Papierfläche aufschrieb. Wagner. Neurologische Untersuchungen. S. 229. 1854.

siewicz, Burdon-Sanderson, Mathieu und Maurice construirt wurden. Diese verschiedenen Methoden und Apparate handeln wir im Nachfolgenden ab.

a. **Methode von Gerhardt** [1]. Man setzt einen kleinen Glastrichter auf die Stelle des Herzstosses luftdicht auf, und verbindet die Trichterröhre durch einen Kautschukschlauch mit einer winkelig gebogenen Glasröhre, in der sich ein Tropfen gefärbter Flüssigkeit befindet. Entsprechend dem Herzstosse sieht man die Flüssigkeit sich auf- und abbewegen.

b. **Demonstration des Herzstosses mittelst der manometrischen Flamme.** Landois [2] bediente sich zuerst zur Demonstration des Herzstosses der manometrischen Flamme, indem er hierzu das von ihm construirte Gassphygmoskop, das wir weiter unten beschreiben werden, empfahl. Gerhardt benutzte die manometrische Kapsel und das Fangrohr von König; besondere Vorrichtungen gaben Landois und Klemensiewicz an.

α. Methode von Gerhardt [3]. Man setzt auf die Stelle des deutlichen Herzstosses das Fangrohr von König [4] *A*, Fig. 435, $^1/_8$ nat. Gr., luftdicht auf, verbindet dasselbe durch einen Kautschukschlauch mit der manometrischen Kapsel *B*, in welcher ein Schlauch *C* der Gasleitung mündet, und zündet das Gas an. An dem Gange der Flamme kann man alsdann auf das deutlichste die Herzbewegungen erkennen.

Fig. 435.



Die manometrische Kapsel *B* zeigt Fig. 436, $^1/_2$ nat. Gr., im Durchschnitt. Dieselbe besteht aus den Hohlräumen *D* und *E*, zwischen denen sich eine Membran befindet. In dem Hohlraume *E* mündet die Röhre *F*, welche mit der Gasleitung verbunden wird; der Hohlraum

[1] Gerhardt. Ueber die Verwendung der empfindlichen Flamme zu diagnostischen Zwecken. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 16, S. 8. 1875.

[2] Landois. Das Gassphygmoskop. Centralbl. f. die med. Wissensch. 8. Jahrg. S. 435. 1870.

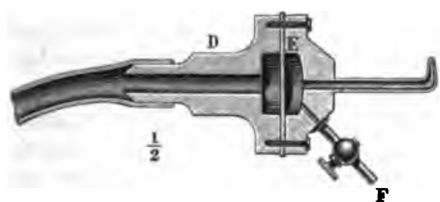
[3] Gerhardt. Ueber die Verwendung der empfindlichen Flamme zu diagnostischen Zwecken. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 16, S. 8. 1875.

[4] König. Die manometrischen Flammen. Poggendorff's Annal. Bd. 146, S. 171. 1872.

D steht mit dem König'schen Fangrohr in Verbindung, statt dessen man auch einen einfachen Glastrichter benutzen kann.



Fig. 436.



β. Methode von Landois[1]). Man sprengt einen Lampencylinder an der Einknickung mittelst Sprengkohle ab und verschliesst die Oeffnung durch einen Kork, in dem zwei gebogene Glasröhren luftdicht eingefügt sind. Hierauf versieht man die Röhren mit Kautschukschläuchen und verbindet die eine mit der Gasleitung, die andere mit einer Gaslampe mit Stichflamme. Wenn man nun den abgesprengten Glascylinder mit seiner ebenen Fläche auf die Stelle, wo man den Herzstoss fühlt, aufsetzt, das Gas in den Apparat einströmen lässt und die Stichflamme anzündet, so erkennt man sofort an den Bewegungen der Flamme die Bewegung des Herzens. Zweckmässig ist es, bei Anstellung des Versuchs dem Thorax eine vornüber geneigte Haltung zu geben und den Athem in mässiger Exspirationsstellung anzuhalten.

γ. Methode von Klemensiewicz[2]). Man legt auf die Stelle des fühlbaren Herzstosses eine hohle, von Holz gefertigte Halbkugel von etwa 3 cm innerm Durchmesser, die ein metallenes Ansatzröhrchen besitzt. An dieses Ansatzröhrchen fügt man mittelst eines Kautschukschlauchs eine ⊤-förmige Röhre, deren einer Schenkel mit der Gasleitung verbunden wird, deren anderer Schenkel zu einer Gaslampe mit Stichflamme führt. Oeffnet man den Gashahn und zündet man die Flamme an, so kann man das rhythmische Spiel, das durch den Herzstoss in der Flamme hervorgerufen wird, sehr gut beobachten.

c. Die graphische Methode zur Darstellung des Herzstosses wurde zuerst von Marey[3]) angewandt. Marey benutzte hierzu den von ihm construirten Sphygmographen, dessen Beschreibung wir bei der Blutbewegung durch die Arterien geben werden. Landois[4]) bediente sich des nämlichen Instrumentes zur Gewinnung von Herzstosscurven von Menschen und Thieren. Fig. 437, nat. Gr., a. f. S., stellt eine solche

---

[1]) Landois. Graphische Untersuchungen über den Herzschlag im normalen und krankhaften Zustande. S. 74. 1876.

[2]) Klemensiewicz. Beiträge zur Demonstration des Pulses und Herzstosses mittelst der manometrischen Flamme nebst Versuchen über die sogenannte cardiopneumatische Bewegung. Mittheilungen des Vereins der Aerzte in Steinmark. XIII. Vereinsjahr 1875 u. 1876, S. 42. 1877.

[3]) Marey. Physiologie médicale de la circulation du sang, p. 121. 1863.

[4]) Landois. Neue Bestimmung der zeitlichen Verhältnisse bei der Contraction der Vorhöfe, der Ventrikel, dem Schluss der Semilunarklappen, der Diastole und der Pause am Herzen des Menschen. Centralbl. für die med. Wissensch. Jahrg. 4, S. 177. 1866.

Herzstosscurve vom Menschen dar, dessen Herz 74·2 Schläge in der Minute machte. Die Analyse dieser Curven ist nach **Landois**[1]) folgende. Der Abschnitt *ab* entspricht der Contraction der Vorkammern. Derselbe trägt einzelne kleine Erhebungen, welche von den der eigentlichen Vorhofscontraction vorausgehenden Undulationen an den grossen Hohladerstämmen und von den Zusammenziehungen der Herzohren abzuleiten sind. Der Abschnitt *bc* entspricht dem für den tastenden Finger fühlbaren Spitzenstosse. Die jäh aufsteigende Linie hat die Form eines langgestreckten $\int$; dies weist darauf hin, dass die Bewegung mit verminderter Schnelligkeit beginnt, dann mit beschleunigter Bewegung fortgeht, die an dem Gipfel der Curve sich wiederum vermindert. Dieser Abschnitt entspricht somit der Contraction der Ventrikel. Die Linie wird gezeichnet, während der erste Herzton vernommen wird. In dem absteigenden Abschnitt der Curve, welche in ihrem ersten Theil der beginnenden diastolischen Erschlaffung entspricht, bemerkt man zwei Erhebungen *d* und *e*. Die Erhebung *d* entspricht dem Schluss der Semilunarklappen der Aorta, die Erhebung *e* dem der Pulmonalis. Der zweite Theil des Curvenabschnittes, die Linie *ef*, entspricht der diastolischen Erschlaffung der Ventrikel vom Schlusse der Semilunarklappen der Pulmonalis bis zum Ende derselben.

Fig. 437.



Es sei bemerkt, dass der Gipfel der Curve bei *c* unter Umständen eine gewisse Breite haben kann. Dies ereignet sich namentlich dann, wenn die Weichtheile des Intercostalraumes eine über die Norm gesteigerte Unnachgiebigkeit zeigen; ferner findet man mitunter den ersten Theil von *ab* mehr oder minder einer geraden horizontalen Linie gleich gezeichnet. Der abgeplattete Curvengipfel entspricht der Dauer des Contractionszustandes der Ventrikel, die horizontale Linie der wirklich vorhandenen Herzpause.

Statt der Sphygmographen sind indessen zur Darstellung des Herzstosses noch besondere Apparate im Gebrauch, die Cardiographen, Polygraphen oder Pansphygmographen genannt werden. Die Cardiographen sind Apparate, die nur zur Registrirung der Herzbewegung Verwendung finden. Die Poly- und Pansphygmographen können zur Registrirung auch anderer Bewegungen, z. B. der Athembewegungen, benutzt werden.

Wir beschreiben anbei die Cardiographen von **Marey** und **Burdon-Sanderson**, alsdann die Pansphygmographen von **Brondgeest**,

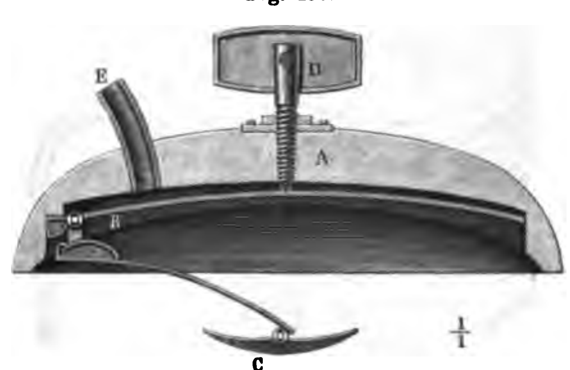
[1]) Landois. Graphische Untersuchungen über den Herzschlag im normalen und krankhaften Zustande. S. 58. 1876.

Maurice und Mathieu. Hierauf geben wir eine Anleitung, die zeitlichen Verhältnisse der Herzstosscurve zu ermitteln und die Curven, die auf Russ gezeichnet sind, zu fixiren.

α. Der Cardiograph von Marey. Marey [1]) hat es auf verschiedene Weise versucht, den Herzstoss des Menschen graphisch darzustellen. Er benutzte dazu in früherer Zeit das Stethoskop von König, dessen Beschreibung wir weiter unten geben werden. Dasselbe wurde aufgeblasen, an die Stelle, wo man den Herzstoss fühlte, angelegt, und dann durch einen Kautschukschlauch mit einer Upham'schen Kapsel verbunden. Um das Instrument empfindlicher zu machen, füllte Marey den Raum zwischen den beiden Kautschukmembranen statt mit Luft mit Wasser an.

In späterer Zeit construirte Marey [2]) einen besonderen Apparat. Derselbe besteht aus einer unten offenen Holzkapsel *A*, Fig. 438, nat. Gr.,

Fig. 438.



einer Springfeder *B*, an der eine Pelotte *C* befestigt ist, einer Schraube *D*, mittelst der die Feder *B* mehr oder weniger gespannt werden kann, und einer Röhre *E*, welche zur Verbindung mit einer Upham'schen Kapsel dient.

Die Holzkapsel wird über die Stelle gelegt, wo man den Herzstoss fühlt, und stark an die Brustwandung angedrückt; dabei sucht man es so einzurichten, dass die Pelotte *C* zwischen den Intercostalraum zu liegen kommt, wo der Stoss am stärksten ist. Durch Anspannen der Feder *B* kann *C* noch weiter in den Intercostalraum eingedrückt werden. Liegt der Rand der Holzkapsel *A* der Brustwandung gut an, so wird ein abge-

[1]) Marey. Etudes physiologiques sur les caractères du battement du coeur et les conditions qui le modifient. Robin. Journ. de l'anat. et de la physiol. Année 12, p. 286. 1865.

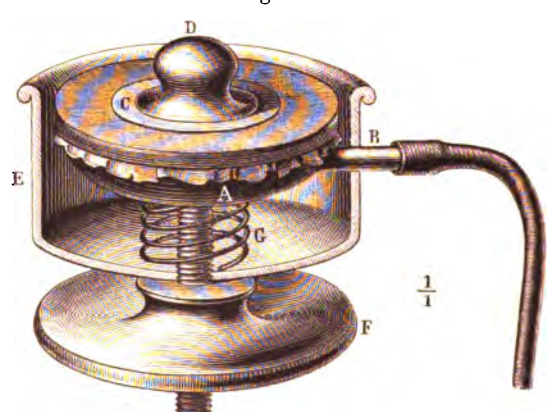
[2]) Marey. Du mouvement dans les fonctions de la vie. p. 145. 1868.

schlossener Luftraum gebildet, der nun mit der Upham'schen Kapsel durch die Röhre *E* in Verbindung steht.

Der Apparat arbeitet nur dann richtig, wenn die Ränder der Holzkapsel der Brustwand gut anschliessen, und der Spitzenstoss deutlich zu fühlen ist. Will man den Apparat bei Thieren anwenden, so stören die Haare des Thieres sehr. Man muss dann die Gegend, wo man den Apparat aufsetzen will, mit starkem Seifenwasser durchfeuchten oder die Ränder der Holzkapsel dicht mit Fett beschmieren, um die Verbindung der äusseren Luft mit der Luft der Kapsel zu hindern.

Von diesem Uebelstand ist der neue Marey'sche [1]) Apparat frei, indem der Luftraum, auf den der Herzstoss wirken soll, von vornherein abgeschlossen ist. Dieser Apparat neuester Construction besteht aus einer Metallkapsel *A*, Fig. 439, nat. Gr., die mit einem seitlichen Arm *B*

Fig. 439.



versehen ist. Die Metallkapsel ist mit einer Kautschukmembran überspannt, auf der eine Aluminiumplatte *C* und ein hölzerner Knopf *D* aufgeleimt ist. *D* kommt auf die Stelle des deutlich fühlbaren Spitzenstosses zu liegen, *B* wird mit einer Upham'schen Kapsel in Verbindung gesetzt. Die Kapsel *A* ist in einem hölzernen Gehäuse *E*, das zur Hälfte nur gezeichnet ist, mittelst der Schraube *F* verstellbar. Eine Feder *G* unterstützt die feste Einstellung der Pelotte *D*. Der Apparat eignet sich zur Anwendung sowohl beim Menschen als beim Thiere.

β. Der Cardiograph von Burdon-Sanderson [2]), Fig. 440, nat. Gr., besteht aus der Metallkapsel *A*, die auf drei Stellschrauben *F*, *G* und *H* ruht. Die Stellschrauben können radiär verschoben und

---

[1]) Marey. Mémoire sur la pulsation du coeur. Physiol. expériment. Trav. du laborat. de Marey. Année 1875, p. 32. 1876.

[2]) Burdon-Sanderson. The cardiograph. Handbook for the physiological laboratory, p. 254. 1873.

mittelst der Schrauben *I* und *K* festgestellt werden. Die Kapsel *A* ist mit einer Kautschukmembran überspannt, auf der sich ein Metallplättchen *B* befindet. Dieses Metallplättchen wird in der Mitte von der Spitze des

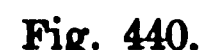
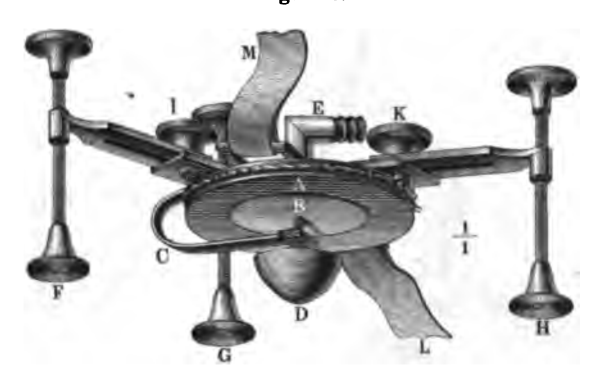


Fig. 440.



Elfenbeinknopfes *D* berührt, der an dem Ende der Metallfeder *C* angeschraubt ist. *C* ist an der Kapsel *A* befestigt; weiter befindet sich an derselben noch die Röhre *E*, die durch einen Kautschukschlauch mit der Upham'schen Kapsel in Verbindung gesetzt wird.

Beim Gebrauch wird der Cardiograph auf die Gegend des deutlichen Herzstosses gesetzt, dann senkt man die Kapsel *A* mittelst der Schrauben *F*, *G* und *H* so weit, dass die Pelotte *D* der Brustwand gut anliegt, befestigt den Apparat mittelst der Bänder *L* und *M* an dem Brustkorbe und bläst die Kapsel *A* an. Der Apparat eignet sich zur Anwendung sowohl beim Menschen als beim Thiere.

γ. Der Pansphygmograph von Brondgeest[1]), Fig. 441, $^1/_2$ nat. Gr., a. f. S., besteht aus einer Messingpfanne *A*, an der eine Röhre *B* befestigt ist. *A* ist mit einer Kautschukmembran *C* überspannt, auf der sich ein Aluminiumplättchen mit Holzknopf *D* befindet. Der Apparat wird mittelst des Messingbügels *E* und den Bändern *G* um den Thorax geschnallt.

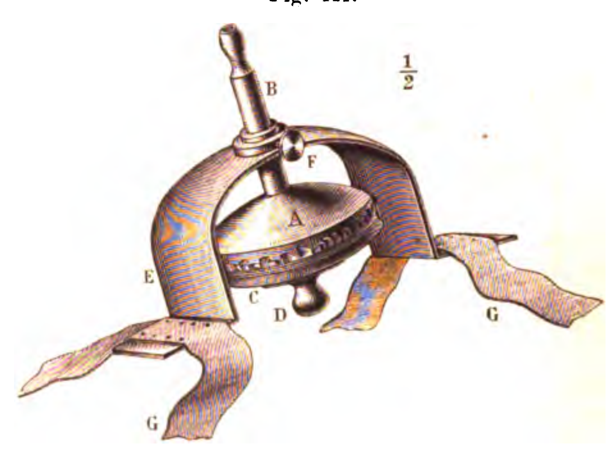
Beim Gebrauche wird der Holzknopf auf die Stelle des deutlichen Herzstosses aufgesetzt, alsdann befestigt man den Messingbügel etwa parallel der Längsaxe des Körpers und stellt den Holzknopf mittelst der Schraube *F* fest. Die Verbindung mit der Upham'schen Kapsel geschieht durch einen Kautschukschlauch, der auf die Röhre *B* geschoben wird.

---

[1]) Brondgeest. De pansphygmograaph. Onderzoek. gedaan in het physiol. laborat. der Utrecht'sche Hoogeschool. III. R. Bd. II, p. 327. 1873.

δ. Der Polygraph von Maurice und Mathieu[1]) besteht aus zwei mit Kautschukmembranen überspannten Metallkapseln, die mit ein-

Fig. 441.



ander durch einen Kautschukschlauch in Verbindung stehen. Die eine Kapsel, die mit einer Pelotte versehen ist, wird auf der Stelle des deutlichen Herzstosses befestigt, die andere zeichnet mittelst eines Hebels die ihr mitgetheilte Bewegung auf eine vorbeistreichende Papierfläche auf.

Grunmach[2]) hat den Apparat nicht unwesentlich verbessert. Denselben zeigt in seiner jetzigen von Windler in Berlin gefertigten Gestalt Fig. 442, $^1/_4$ nat. Gr. Auf einer hufeisenförmigen Platte *A* ist eine Feder *B* festgeschraubt. Die Feder *B* trägt an ihrem freien Ende einen Stift *C*, an dem eine Pelotte *D* befestigt ist. Die Feder *B* kann mittelst der Schraubenmutter *E* gespannt werden. Das obere Ende des Stiftes *C* berührt die Aluminiumplatte der Upham'schen Kapsel *F*, die mittelst der Schraube *G* in den Säulen *H* und *T* auf- und abbewegt werden kann. Die Kapsel *F* steht durch den Kautschukschlauch *K* mit einer zweiten Kapsel *L* in Verbindung. Dieselbe trägt einen aus Holz gefertigten Hebel *M*, der mit einem Schreibstift versehen ist. Damit durch ein Uebergewicht des Hebelarms kein schädlicher Axendruck erzeugt und die Axendrehung dadurch erschwert wird, ist das Gegengewicht *N* angebracht. Die Kapsel *L* kann an dem prismatischen Stabe *O* horizontal verschoben und mittelst einer Schraube festgestellt werden. Die verticale Verschiebung wird durch die mit dem Stabe *O* verbundene und innerhalb einer Spirale drehbare Schraube *P* bewerkstelligt. Der Apparat befindet sich in einem transportablen Kasten.

---

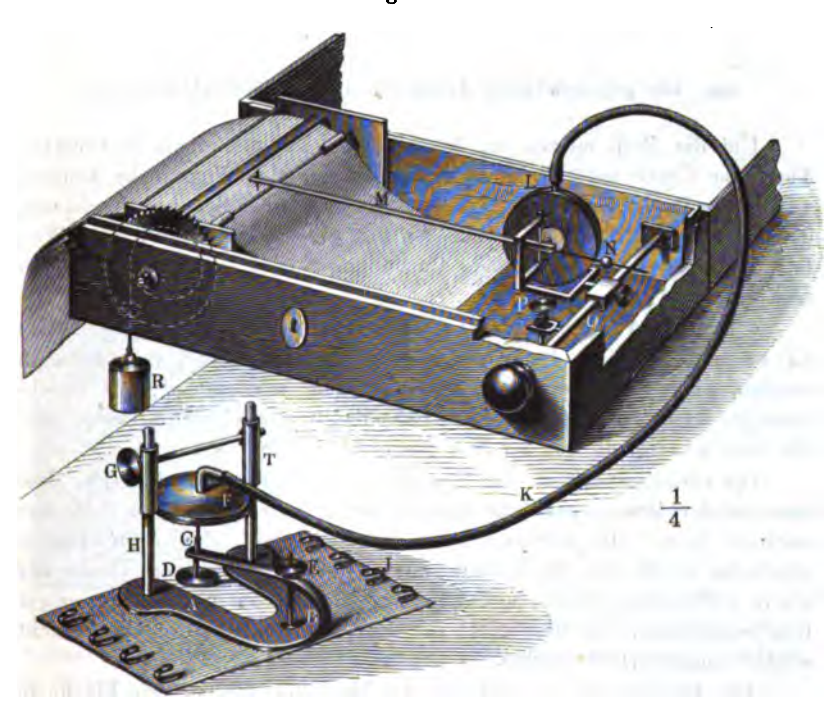
[1]) Maurice et Mathieu. Polygraphe pouvant être appliqué sur les animaux. Arch. de physiol. norm. et patholog. II. sér. T. 2, p. 257. 1875.

[2]) Grunmach. Ueber den Polygraphen. Berlin. klin. Wochenschr. 13. Jahrg. S. 473. 1876.

Will man mit dem Apparate arbeiten, so sucht man zunächst die Stelle des Herzstosses auf und befestigt auf dieser mittelst des Gürtel-



Fig. 442.



zeuges *J* und der an diesem befindlichen Messinghäkchen die Hufeisenplatte *A* so, dass die Pelotte *D* auf der Stelle des deutlichen Herzstosses aufliegt. Alsdann bläst man die Kapseln auf und nähert die Kapsel *F* soweit dem oberen Ende des Stiftes *C*, dass die Uebertragung auf den Hebel *M* erfolgt. Hierauf stellt man den Hebel mittelst der Schraube *P* so ein, dass der Schreibstift der Papierfläche genau anliegt. Das Vorbeiführen des Papiers geschieht durch eine mit Rauhigkeiten versehene Walze, welche den gefassten Papierstreifen so zwischen zwei Rollen vor sich herschiebt, dass derselbe dem eingestellten Schreibstifte stets in gleicher Lage genähert bleibt. Das Uhrwerk, welches die Walze treibt, wird durch ein Gewicht *R* in Bewegung gesetzt. Der Apparat muss deshalb an den Rand eines Tisches gestellt werden. Bei dem ursprünglichen Apparate von Maurice und Mathieu wurde auf einem horizontal liegenden Cylinder geschrieben; der Schreibapparat bewegte sich dabei, durch ein besonderes Uhrwerk getrieben, auf zwei Eisenschienen längs des Cylinders.

ε. Die Ermittelung der zeitlichen Verhältnisse der Herzstosscurve geschieht entweder auf geometrischem Wege oder dadurch, dass man die Curve auf eine Platte verzeichnen lässt, welche an einer schwingenden Stimmgabel befestigt ist.

aa. Die geometrische Auswerthung der Herzstosscurve.

Um die Zeit messen zu können, welche auf einen bestimmten Theil der Curve entfällt, muss man entweder die Wegstrecke kennen, welche die Papierfläche bei ihrer Bewegung in einer Secunde durchläuft, da man aus dieser die Zeit abzuleiten hat, die auf einen Millimeter Weg fällt, oder die auszuwerthende Curve muss von einer Zeitcurve begleitet sein.

αα. Das Ausmessen der Curven, die nicht von einer Zeitcurve begleitet sind, kann nur dann mit Genauigkeit vorgenommen werden, wenn die Fläche, auf der gezeichnet werden soll, mit gleichmässiger Geschwindigkeit an dem Schreibstift vorbeigeführt wird, und die Geschwindigkeit, mit der dies geschieht, bekannt ist.

Die Gleichmässigkeit der Bewegung ermittelt man dadurch, dass man auf der bewegten Fläche mittelst eines Zeitmerkers eine Zeitcurve zeichnen lässt. Die Oeffnung und Schliessung des elektrischen Stromes geschieht durch ein Secundenpendel. Sind die einzelnen Theile der Curve vollkommen gleich, so bewegt sich die Fläche mit gleichmässiger Geschwindigkeit. Ist dies nicht der Fall, so können die Curven nicht zeitlich ausgewerthet werden.

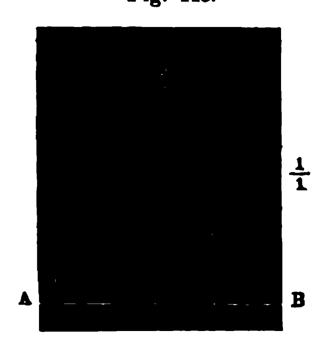
Aus der Zeitcurve ergiebt sich der Weg, den die bewegte Fläche in der Zeiteinheit zurücklegt. Derselbe ist gleich der Länge des Theils der Zeitcurve, welcher auf eine Oeffnung und Schliessung des elektrischen Stromes entfällt. Ist z. B. die Länge derselben = 1 cm in einer Secunde, so kommt auf 1 mm Weg 0·1 Secunde.

Weiter hat die zeitliche Auswerthung der Curven eine Richtungslinie und eine Grundlinie zur Voraussetzung. Mit dem Namen Richtungslinie oder Ordinate belegen wir die Linie, die der Schreibstift auf der ruhenden Fläche bei seinem Auf- und Niedergange beschreibt. Dieselbe ist bei Instrumenten, deren Schreibstift senkrecht auf- und niedergeht, eine Verticale, bei den Instrumenten aber, deren Schreibstift an einem Hebel befestigt ist, eine Bogenlinie. Der Radius dieser Bogenlinie ist gleich der Entfernung des Schreibstiftes von dem Drehpunkte des Hebels. Die Grundlinie oder Abscisse bildet eine Horizontale, die man durch den ruhenden Schreibhebel bei bewegter Fläche erhält. Curven, die von Instrumenten stammen, deren Schreibstift sich in verticaler Richtung bewegt, nennen wir Verticalcurven, Curven, die mittelst eines Hebels gewonnen wurden, nennen wir Radialcurven. Die zeitliche Auswerthung beider ist verschieden.

aaa. Das Ausmessen von Verticalcurven

geschieht durch Senkrechte, die man auf der Grundlinie errichtet und durch die Endpunkte desjenigen Curvenabschnittes legt, den man zeitlich ermitteln will. Die Entfernung der Fusspunkte beider multiplicirt mit dem Zeitwerth, der auf 1 mm der Grundlinie bei bekannter Geschwindigkeit kommt, giebt die Zeit an, die zur Entstehung des gemessenen Curvenabschnittes nöthig war. Ist z. B. der Curvenabschnitt *ab* der Curve Fig. 443, nat. Gr., zeitlich auszuwerthen, und ist *AB* die Grundlinie, *cD* die Richtungslinie, so errichtet man in *a* und *b* Senkrechte und misst die Entfernung der Fusspunkte von einander. Beträgt dieselbe wie hier 6·8 mm, und entspricht 1 mm Weg einer Zeit = 0·1 Secunden, so ist die Zeit, die zur Entstehung des Curvenabschnittes *ab* nöthig war, = 6·8 . 0·1 = 0·68 Secunden.

Fig. 443.



bbb. Das Ausmessen von Radialcurven.

Die Richtungslinie der Radialcurven ist eine Bogenlinie, da der Schreibstift beim Auf- und Niedergehen einen Theil eines Kreises beschreibt. Eine derartige Bogenlinie gewinnt man, wenn man den Schreibhebel auf der ruhenden Papierfläche sich einmal erheben lässt; die Grundlinie erhält man wie oben angegeben.

Die Auswerthung einer Radialcurve oder eines Abschnittes derselben kann in verschiedener Weise geschehen. Einmal dadurch, dass man von den Endpunkten des Curvenabschnittes Parallele zu der Abscisse bis zur Bogenlinie zieht und die Differenz beider mit der Zahl multiplicirt, welche die Zeit angiebt, die für 1 mm Weg ermittelt wurde, oder dadurch, dass man die Bogenlinie ausschneidet und das abgeschnittene Stück gleichsam als Ordinatenlineal, wie Czermak [1]) sich ausdrückt, verwendet.

Will man z. B. aus der Herzstosscurve eines Hundes, die mittelst Marey's Sphygmographen von Landois [2]) aufgezeichnet wurde, den Abschnitt *ab*, Fig. 444, nat. Gr., a. f. S., ausmessen und damit die Zeit finden, welche auf die Pause und die Vorhofscontraction fällt, so sieht

---

[1]) Czermak. Sphygmische Studien. Dessen Mittheilungen aus dem physiologischen Privatlaboratorium in Prag. Hft. 1, S. 39. 1864.

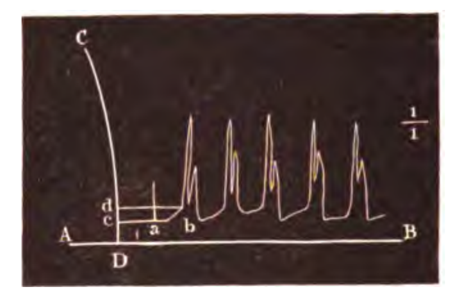
[2]) Landois. Graphische Untersuchungen über den Herzschlag im normalen und krankhaften Zustande. S. 67. 1876.

man die Linie ac und bd parallel zur Abscisse AB und misst die Länge. Dieselbe ist

für $ac = 5{\cdot}4$ mm
„ $bd = 9{\cdot}5$ „

Da das Instrument in einer Secunde eine Strecke von 9 mm zurücklegt, so entspricht 1 mm einer Zeit von 0·111 Secunden. Der Zeitwerth des gesuchten Curvenabschnittes beträgt daher $(9{\cdot}5 - 5{\cdot}4) . 0{\cdot}111 = 0{\cdot}455$ Secunden.

Fig. 444.



Der Hund, von dem diese Curve genommen wurde, machte 85·3 Herzschläge in der Minute; auf eine Herzrevolution kamen mithin $\frac{60}{85{\cdot}3} =$ 0·703 Secunden.

Statt dieser Methode kann man auch das nachfolgende Verfahren anwenden, das von Landois [1]) herrührt. Man bestimmt ein- für allemal den Weg, den die bewegte Curvenfläche in einer Secunde zurücklegt; dann befestigt man auf dieser ein genau rechtwinkliges Stück weissen dünnen Briefpapiers, zieht mit der Spitze des Zeichenhebels einen Kreisbogen über das Papier und schneidet letzteres in der Richtung dieser Kreislinie aus einander. Diese beiden Papierstücke bilden die Ordinatenlineale, ihre Bogenabschnitte geben die Ordinaten ab, welche zur Ausmessung dienen. Statt dessen kann man auch auf einen Bogen Briefpapier einen Kreisbogen beschreiben, dessen Radius die Länge des Schreibhebels von seinem Drehungspunkte bis zu seiner Spitze besitzt, und diesen in der Richtung der Kreislinie ausschneiden.

Will man nun den Abschnitt einer Curve auswerthen, so legt man die Ordinatenlineale so an die Endpunkte des auszuwerthenden Abschnittes, dass die Grundlinien beider sich decken und die Ordinatenlineale genau auf den Anfang und das Ende des auszumessenden Abschnittes fallen. Man kann eine Controle mit einer Lupe ausführen. Zweckmässig ist es hierbei über die angelegten Ordinatenlineale eine Glasplatte zu legen, da alsdann die Bogenränder durch das Gewicht des Glases der Curventafel dichter angedrückt werden. Die Ausmessung wird hierdurch erleichtert und genauer.

ββ. Das Ausmessen der Curven, die mit einer Zeitangabe versehen sind, geschieht bei Verticalcurven dadurch, dass man durch die Endpunkte des zu bestimmenden Curventheils Senkrechte auf die

---

[1]) Landois. Die Lehre vom Arterienpuls nach eigenen Versuchen und Beobachtungen. S. 78. 1872.

Abscisse fällt, dieselben soweit verlängert, dass sie die Zeitcurve durchschneiden und den zwischen den Senkrechten liegenden Theil mit Zirkel nach Maassgabe der Zeitcurve auswerthet, oder wenn die Zeitangabe durch die Schwingungen einer Stimmgabel geschehen, die Anzahl der Schwingungen zwischen beiden Ordinaten auszählt.

Das Ausmessen von Radialcurven, geschieht dadurch, dass man Bogenlinien durch die Endpunkte des zeitlich auszuwerthenden Curventheils zieht, oder an diese die Bogenlineale anlegt, welche die Zeitcurve schneiden. Die zwischen den Schnittpunkten liegenden Theile werden wie oben angegeben ausgewerthet.

bb. Die Auswerthung der Herzstosscurve, die auf einer schwingenden Stimmgabelplatte verzeichnet ist.

Gebraucht man den Kunstgriff, den Klünder[1]) zuerst bei physiologischen Untersuchungen benutzte, dass man die Curve, die man durch ein registrirendes Instrument gewinnt, auf einer schwingenden Stimmgabelplatte aufzeichnen lässt, so erhält man nach Landois[2]) bei der graphischen Darstellung des Herzstosses die Zeiteinheiten der Schwingungen der Stimmgabel in zierlichen Zähnchen in der Curve eingetragen. Man hat nur die Zähnchen, welche innerhalb eines auszuwerthenden Curvenstückes liegen, abzuzählen und die gefundene Zahl mit dem Bruchtheile einer Secunde zu multipliciren, welcher einer ganzen Schwingung entspricht. Fig. 445, nat. Gr., zeigt eine derartige nach dieser Methode von Landois gewonnene Curve. In dieser Curve finden sich z. B. in den Abschnitten, welche auf die Zeit der Pause und der Vorhofscontraction kommen, 24 Zähnchen. Eine Schwingung der Stimmgabel entspricht 0·01613 Secunden, demnach ist dieser Curvenabschnitt in Zeit von 24 . 0·01613 = 0·38712 Secunden entstanden. Man kann mittelst dieser Methode sehr kleine Zeittheilchen messen, weil man die Stimmgabel willkürlich schnell bewegen kann.

Fig. 445.



$\frac{1}{1}$

Die Bewegung der Stimmgabel geschieht entweder mit der Hand oder mittelst eines Gewichtes. Die Stimmgabel gleitet dabei in einer

[1]) Klünder. Voruntersuchungen über den zeitlichen Verlauf der Muskelzuckung. Hensen. Arbeiten aus dem Kieler physiologischen Institut. S. 108. 1869.

[2]) Landois. Ueber die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen aus der zeitlichen Entwickelung der Rückstosselevation der Pulscurven. Deutsche med. Wochenschr. Jahrg. 4, S. 348. 1878.

Schiene, wie Fig. 446, $^1/_8$ nat. Gr., erläutert. Die Platte A, auf der geschrieben wird, ist entweder aus Stahl oder Messing gefertigt und mit

Fig. 446.



berusstem Papier überzogen. Dieselbe wird mit etwas Baumwachs an eine Branche der Stimmgabel geklebt. Ist die Platte indess schwer, und beeinflusst sie durch ihr Gewicht die Schwingungen der Gabel, so ist auf der anderen Branche ein Gegengewicht B anzubringen.

ζ. Das Berussen des Curvenpapiers geschieht über einer Terpentinlampe oder einer Petroleumlampe ohne Cylinder. Bei Benutzung einer Petroleumlampe ist besondere Vorsicht nöthig.

Bei der Vornahme der Berussung ist darauf zu achten, dass man den Papierstreifen nicht zu heiss werden lassen darf, damit keine Unebenheiten entstehen. Das Papier, das sich zum Curvenzeichnen bisher am besten erwiesen hat, ist sogenanntes glattes Kreidepapier. Nach Landois'[1]) Rath kann man die Berussung nicht schwach genug machen; das Papier darf nur einen mässig grauen Hauch erhalten. Mit zunehmender Dicke der Russschichte wächst der Reibungswiderstand beim Zeichnen; auch kann es sich ereignen, dass bei dicken Schichten der Russ vor der Metallspitze bröckelnd abspringt.

η. Das Fixiren der auf Russ gezeichneten Curve nimmt man in der Weise vor, dass man das Curvenpapier auf der Rückseite mit einer Mischung von Aether und Terpentinöl bestreicht, oder nach Brondgeest[2]), dass man sie mit einer Auflösung von Mastix in Terpentin übergiesst und dann trocknen lässt. Landois[3]) bedient sich zum Fixiren der Curve einer Auflösung von Copalfirniss in Alkohol mit etwas Aetherzusatz oder von Canadabalsam in Benzin im Verhältniss von 1 : 3. Die Mischungen werden in einem grossen Cylinderglase aufbewahrt und die Curven in dasselbe mittelst einer Pincette eingesteckt; man lässt das Ueberflüssige ablaufen und die Curven auf einer Unterlage von Papier trocknen.

---

[1]) Landois. Die Lehre vom Arterienpuls nach eigenen Versuchen und Beobachtungen. S. 74. 1872.

[2]) Brondgeest. Neue Methode um die Zahl und die Dauer der Herzschläge zu registriren. Arch. für die holländ. Beiträge zur Natur- und Heilkunde. Bd. 3, S. 443, Anmerkung. 1864.

[3]) Landois. Die Lehre vom Arterienpuls nach eigenen Versuchen und Beobachtungen. S. 75. 1872.

14. Von den Herztönen.

Wenn man das Herz auscultirt, so hört man bei jedem Herzrhythmus zwei auf einander folgende, von einander etwas verschiedene Geräusche, die man seit Skoda [1]) Herztöne nennt. Der erste etwas länger dauernde Ton fällt mit der Contraction der Kammern, der zweite mit dem Anfange der Diastole zusammen. Zwischen dem ersten und zweiten Ton, sowie zwischen dem zweiten und dem ersten Ton des folgenden Rhythmus liegt je eine kleine Pause, deren Dauer von Volkmann, Donders und Landois gemessen wurde.

Ueber die Ursache der Herztöne ist in alter und neuer Zeit viel gestritten worden. In Bezug auf die Entstehung des zweiten Herztones ist Einstimmigkeit vorhanden, in Bezug auf die Entstehung des ersten Herztones aber gehen die Meinungen der Forscher weit aus einander. Die Auscultation der Herztöne geschieht durch Stethoskope.

Wir geben im Nachfolgenden eine Beschreibung der vorzüglichsten Stethoskope, die zur Auscultation des Herzens im Gebrauch sind, erörtern hierauf die Methoden, die man zur Bestimmung der zwischen den Herztönen liegenden Zeit ersonnen, und geben schliesslich eine Anleitung, die Versuche, die man zur Erforschung der Ursache der Herztöne angestellt hat, zu wiederholen.

a. Die Stethoskope oder Hörrohre. Die gebräuchlichen Stethoskope lassen sich auf zwei Grundformen zurückführen, von denen die eine von Laënnec, die andere von König angegeben wurde.

α. Das Stethoskop von Laënnec [2]). Dieses Instrument wurde von Laënnec 1816 erfunden. Es bestand in seiner ursprünglichen Gestalt aus einem papiernen Cylinder von 36 mm äusserem und 6 mm innerem Durchmesser. Die Länge des Cylinders betrug etwa 27 mm. Später benutzte Laënnec einen Holzcylinder von den nämlichen Dimensionen. Derselbe konnte zerlegt werden und bestand aus drei Theilen, Fig. 447, $^1/_6$ nat. Gr. (a. f. S.), nämlich dem oberen Theile *A*, an welchen das Ohr angelegt wurde, dem ebenso langen Theile *B* und dem sogenannten Schliessstück oder dem Obturator *C*. Letzterer hatte kegelförmige Gestalt und ging in eine kupferne Röhre *D* über, mittelst deren das Schliessstück im Innern von *B* festgesteckt werden konnte. Das Schliessstück wurde von Laënnec nur bei der Auscultation des Herzens benutzt, bei der Auscultation der Lungen wurde es abgenommen.

---

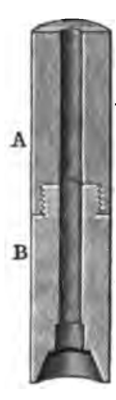
[1]) Skoda. Abhandlung über Percussion und Auscultation. S. 134. 1839.

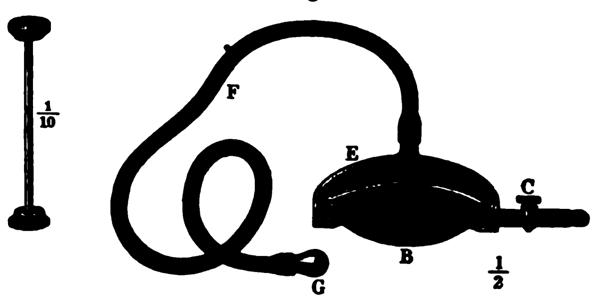
[2]) Laënnec. De l'auscultation médiate ou traité du diagnostic des maladies des poumons et du coeur, fondé principalement sur ce nouveau moyen d'exploration. T. I, p. 9. 1819.

Ein Stethoskop, das vortreffliche Dienste leistet, kann man sich selbst nach Wintrich [1]) in einfachster Weise dadurch herstellen, dass man zwei Kautschukplatten durch ein etwa 1 cm dickes und etwa 24 cm langes spanisches Rohr verbindet, wie Fig. 448, $^1/_{10}$ nat. Gr., zeigt.

β. Das Stethoskop von König [2]), Fig. 449, $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus einem Ringe von Messing, zwischen dessen Begrenzung zwei Kautschukmembranen *A* und *B* ausgespannt sind, welche durch den seitlich


Fig. 447. Fig. 448. Fig. 449.







am Ringe angebrachten Hahn *C* so aufgeblasen werden können, dass sie die Form einer Ellipse annehmen. Ueber dem Ringe ist eine halbkugelförmige Kapsel *E* angebracht. An ihrer Wölbung ist diese Kapsel mit einem Ansatzröhrchen versehen, das zur Befestigung der Kautschukröhre *F* dient, die an ihrem anderen Ende mit einem olivenförmigen Zapfen *G* versehen ist, der in den äusseren Gehörgang eingesteckt wird. Die Membranen werden aufgeblasen, sobald man das Instrument gebrauchen will; nach dem Gebrauche wird die Luft wieder abgelassen.

Mittelst dieses Instrumentes kann man an sich selbst die Auscultation des Herzens vornehmen.

b. Die Bestimmung des zeitlichen Intervalles zwischen den einzelnen Herztönen geschieht entweder nach der Methode von Volkmann oder Donders.

α. Methode von Volkmann [3]). Man stellt ein Secundenpendel, dessen Schwingungsdauer durch ein verschiebbares Gewicht verkürzt oder verlängert werden kann, während man die Herztöne einer ruhig sitzenden Person auscultirt, so ein, dass seine Schwingungsdauer der

---

[1]) Wintrich. Ueber Causation und Analyse der Herztöne. Sitzungsber. der phys. med. Societät zu Erlangen. Hft. 7, S. 59. 1875.

[2]) König. Neuer Apparat um Schwingungen mit möglichst geringem Verlust ihrer Intensität vom tönenden Körper zum Ohre zu leiten. Poggendorff's Annal. Bd. 122, S. 475. 1864.

[3]) Volkmann. Ueber Herztöne und Herzbewegung. Zeitschr. f rat. Med. Bd. 3, S. 323. 1845.

Zeit zwischen dem ersten und zweiten Herztone gleich ist. Hierauf richtet man das Pendel so, dass seine Schwingungsdauer zwischen dem zweiten und dem nächstfolgenden ersten Herzton zusammenfällt. Eine Controle über die Richtigkeit der Bestimmung kann man ausüben, wenn man das Pendel schliesslich so einstellt, dass die Pendelschwingungen mit je zwei ersten Herztönen übereinstimmen. Die Summe der Zeitdauer zwischen dem ersten und zweiten Herztone und der zwischen dem zweiten und dem darauf folgenden ersten Herzton muss der Zeit zwischen je zwei ersten Herztönen gleich sein.

β. Methode von Donders[1]). Man auscultirt eine Versuchsperson und ahmt mit der Hand den Rhythmus beider Töne nach, indem man mittelst eines Hebels die ihnen entsprechenden Zeitmomente auf einen rotirenden Cylinder aufschreiben lässt. Gleichzeitig wird durch einen elektromagnetischen Zeitmerker eine Zeitcurve in Secunden aufgezeichnet. Donders fand auf diese Weise die Zeit zwischen beiden Herztönen bei einer Reihe gesunder Personen in ruhigem Zustande bei 74·4 bis 93·7 Herzschlägen in der Minute = 0·327 bis 0·301 Secunden.

Einen Maassstab über die Zuverlässigkeit der Methoden gewinnt man, wenn man z. B. die Schläge eines Metronoms in der nämlichen Weise nach dem Gehör mit der Hand markirt und auf einen rotirenden Cylinder aufzeichnen lässt. Hierbei machte sich bei Donders ein persönlicher Fehler geltend, welcher nicht immer im gleichen Sinne wirksam war. Die Abweichungen betrugen im Mittel 1·25 Proc. zwischen je zwei Schlägen des Metronoms.

Landois[2]) machte ähnliche Versuche, indem er, während er eine Versuchsperson auscultirte, die Kette eines Elektromagneten mit der Hand den Tönen entsprechend schloss und öffnete. Bei einem gesunden Manne fand er auf diese Weise für die Zeit zwischen dem ersten und zweiten Herzton einen Werth von 0·311 bis 0·307 Secunden.

c. **Die Versuche über die Entstehung der Herztöne** zerfallen nach den zwei Tönen, die man am schlagenden Herzen hört, in solche, die die Entstehung des ersten und in solche, die die Entstehung des zweiten Herztons zum Gegenstand haben.

α. Die Versuche über die Entstehung des ersten Herztons. Ueber die Entstehung des ersten Herztons gehen die Ansichten der Forscher bekanntlich sehr aus einander. Die einen lassen den ersten Ton nur von der Spannung der Klappen an den venösen Ostien des Herzens herrühren, die anderen fassen denselben nur als Muskelgeräusch[3])

---

1) Donders. De rhythmus der hartstoonen. Nederl. Arch. voor Genees- en Natuurkunde. Bd. II, p. 184. 1865.

2) Landois. Graphische Untersuchungen über den Herzschlag im normalen und krankhaften Zustande. S. 55. 1876.

3) Dass bei der Contraction von Muskeln ein Ton oder ein Geräusch entsteht, hat Wollaston zuerst nachgewiesen. Wollaston. The Croonian lecture. Phil. trans. P. I, p. 3. 1810. Auch: Ueber die Wirkungsart der Mus-

auf, das durch die sich contrahirenden Muskelfasern hervorgebracht wird. Nach unserer Ansicht zerfällt jedoch der erste Herzton in zwei Töne, von denen der eine durch die Zusammenziehung des Herzmuskels erzeugt wird, wie Dogiel und Ludwig nachwiesen, der andere durch die Spannung der Herzklappen entsteht, wie wir mit Michels [1]) den Versuch Bayer's deuten. Beide Töne werden von unserem Ohre gemischt empfunden. Diese Deutung gewinnt durch die Versuche Wintrich's an Wahrscheinlichkeit, der zeigte, dass der erste Ton sich mittelst besonders construirter Resonatoren, die Wintrich Membran-Luftresonatoren nennt, in zwei Töne zerlegen lässt, von denen der eine, höhere, von den Klappen verursacht wird, der andere, tiefere, dem systolischen Muskelton entspricht.

Wir geben anbei eine Anleitung, den Versuch Dogiel's und Ludwig's und den Bayer's anzustellen und handeln alsdann von den Membran-Luftresonatoren Wintrich's.

aa. Der Versuch von Dogiel und Ludwig [2]).

Die Anstellung dieses Versuches geschieht in folgender Weise. Man vergiftet einen grossen Hund mit Curare und leitet die künstliche Respiration ein. Hierauf legt man das Herz bloss, präparirt sämmtliche aus dem Herzen hervorgehende Arterien und Venen und legt unmittelbar an ihrem Austritt um jede derselben eine Ligatur. Um nun das Herz möglichst blutleer zu erhalten, wird zuerst die obere Hohlvene, dann die untere Hohlvene, dann die Pulmonalarterie, dann die beiden Lungenvenen und endlich, nach sanftem Druck des linken Herzens, die Aorta unterbunden. Hierauf werden jenseits der Ligaturen die Gefässe rasch durchschnitten und das herausgeschnittene Herz in einen Behälter *A*, Fig. 450 $^1/_6$ nat. Gr., gebracht, der aus einem Glaskolben besteht, dessen Boden abgesprengt ist. Der Hals des Kolbens ist mit einer dünnen Kautschukplatte verschlossen; über den Verschluss ist ein Kautschukschlauch gezogen und in diesen eine nach unten sich verjüngende Glasröhre *B* gesteckt, an welche das Kautschukrohr *C* des Stethoskops von König befestigt ist. Bevor das Herz in den Kolben gebracht wird, muss dieser mit defibrinirtem Blute gefüllt sein; bei dem Eintauchen ist dafür zu sorgen, dass keine Luftblasen an der Herzwand haften bleiben und das Herz die Wand des Gefässes *A* nicht berührt.

---

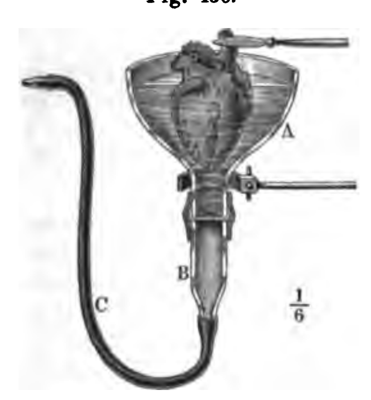
keln. Gilbert's Annal. Bd. 40, S. 33. 1812. Man hört dieses Geräusch sehr gut, wenn man ein Stethoskop auf den Buccinator, oder den Masseter bei Bewegung des Unterkiefers oder den Biceps bei aufgehobenem Vorderarme aufsetzt.

[1]) Michels. Ueber die Entstehung des ersten Herzkammertons. Marburger Inaug. Abhandl. S. 13. 1870.

[2]) Dogiel und Ludwig. Ein neuer Versuch über den ersten Herzton. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math.-phys. Cl. Bd. 20, S. 89. 1868.

Das in dem Behälter A befindliche Herz zeigt nun Contractionen. Dieselben erstrecken sich entweder gleichzeitig auf alle Stücke desselben oder laufen peristaltisch ab. In ersterem Falle hört man bei der Auscultation durch das Rohr C einen Ton, in letzterem Falle nur ein summendes Geräusch.

Fig. 450.



Da das Herz bei diesem Versuche eine weit geringere Blutmenge enthält, als zur Entwickelung der Klappen nöthig ist, so wird durch diesen Versuch gezeigt, dass bei der Contraction des Herzmuskels ein Muskelton entsteht.

Der Versuch gelingt nicht bei allen Herzen. Dogiel und Ludwig empfehlen nach eröffneter Brusthöhle zuerst 20 bis 30 Minuten die künstliche Respiration zu unterhalten und dann erst die Unterbindung der Gefässe und das Ausschneiden des Herzens vorzunehmen.

bb. Der Versuch Bayer's [1]).

Man bringt einen kleinen Metalltrichter mit dem Ansatzrohre voran durch den Vorhof und das Ostium atrioventriculare in den linken Ventrikel eines ausgeschnittenen Herzens. Hierauf bohrt man mit dem Ansatzrohr, das an seiner Aussenfläche mit einem Schraubengewinde versehen ist, Fig. 451, nat. Gr., durch die Herzspitze ein Loch, zieht den Trichter an und schraubt ein Metallplättchen A auf das Ansatzrohr so auf, dass dasselbe dem Herzfleische fest anliegt und sich zwischen Herzwand und Ansatzrohr keine Lücke befindet. Alsdann bindet man in die Aorta eine Glasröhre von etwa 1 m Länge ein, befestigt einen dickwandigen Kautschukschlauch auf dem Ansatzrohre des Trichters, senkt das Herz in ein Gefäss, das dem Gefäss A, Fig. 450, $^1/_6$ nat. Gr., entspricht und mit Wasser gefüllt ist, ein, hängt es in diesem, ohne dass es dessen Wandung berührt, auf und befestigt die in die Aorta

Fig. 451.



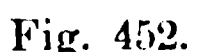
---

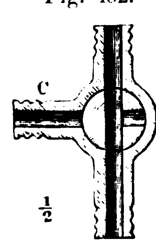
[1]) Bayer. Ueber den isolirten Herzklappenton. Tageblatt der 43. Versamml. deutsch. Naturf. und Aerzte in Innsbruck. S. 147. 1869. Derselbe: Weitere Beiträge zur Frage über die Entstehung des ersten Herztones, nebst allgemeinen Erörterungen über das Zustandekommen von Tönen und Geräuschen innerhalb des Circulationssystems. Arch. f. d. Heilkunde. 11. Jahrg. S. 158. 1870.

eingebundene Röhre in senkrechter Richtung an einem Stative. Nunmehr verbindet man den an dem Ansatzrohr des Trichters befestigten Kautschukschlauch mit einem Hahnstück, das zu einem Wasserreservoire führt, das sich in Höhe von etwa 2 m über dem Herzen befindet. Man öffnet vorsichtig den sich geräuschlos drehenden Hahn und lässt so viel Wasser in den Ventrikel einfliessen, dass die Atrioventricularklappe ohne starke Spannung sich entfaltet. Man überzeugt sich von dem Grade der Spannung durch Befühlen mittelst des Fingers vom Vorhofe aus. Bringt man nun den Kautschukschlauch in das Ohr, verschliesst das andere und lässt plötzlich den Hahn des Wasserreservoirs öffnen, so wirkt die 2 m hohe Wassersäule, die nach S. 459 einem Quecksilberdrucke von 148 mm entspricht, plötzlich auf die Klappe und dieselbe giebt einen kurzen, ziemlich hohen Ton.

Schliesst man den Hahn des Zuleitungsrohres wieder und reducirt man die Spannungsgrösse der Klappe durch Eingehen mit dem Finger vom Vorhofe aus, so kann man den Versuch wiederholen; es gelingt indessen auch durch erneutes Eröffnen des Herzens die nämliche Tönung unmittelbar wieder hervorzurufen. Der Ton bleibt aus, sobald die Klappen verletzt oder insufficient sind. Ingleichen fehlt derselbe, wenn man das Einbinden eines verticalen Rohres in die Aorta unterlässt, da der Klappe in diesem Falle die entsprechende Spannung fehlt.

Giese[1]) hat den Versuch Bayer's modificirt, indem er nach Ausschneiden der Semilunarklappen aus der Aorta in diesen ein v. Wittich-sches Hahnstück einband, das mit einem Wasserreservoir in Verbindung gesetzt wurde, das sich etwa 3 m über dem Herzen befand. Das v. Wittich'sche[2]) Hahnstück, Fig. 452, $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus einer ⊤-förmigen Röhre und einem Hahn von anderthalbfacher Durchbohrung, vermöge welcher bald ein Strom nach der Längsrichtung des Rohres und bald ein solcher senkrecht auf dieselbe durch das Ansatzstück *C* gehen kann. Durch die Einschaltung dieses Hahnstückes ist je nach der Stellung des Hahns die Möglichkeit gegeben, die Klappe einestheils dem Drucke der ganzen Wassersäule auszusetzen, anderentheils aber kann der Ventrikel sich von selbst entleeren. Steht der Hahn wie Fig. 452, $^1/_2$ nat. Gr., zeigt, so lastet bei einer Entfernung des Wasserreservoirs von 3 m über dem Herzen ein Druck von 230 mm Quecksilber auf der Klappe; steht der Hahn dagegen wie Fig. 453, $^1/_2$ nat. Gr., zeigt, und steckt

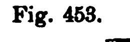

Fig. 452.

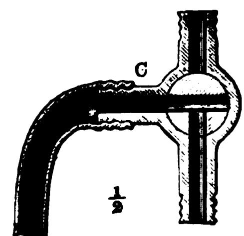


[1]) Giese. Untersuchungen über die Entstehung der Herztöne. Greifswald. Inaug.-Abhandl. S. 14. 1871.

[2]) v. Wittich. Ueber die Verschliessbarkeit der Oeffnungen der Kranzarterien durch die Semilunarklappen. Allgemein. med. Centralz. Jahrg. 26, S. 81. 1857. Spätere elegantere Versuchseinrichtung von v. Wittich.

man auf die Röhre C einen Kautschukschlauch, so entleert sich der Ventrikel von selbst. Derselbe wird jedoch niemals leer, da stets Wasser aus dem Gefäss, in dem sich das Herz befindet, durch die Mündungen des Vorhofs einströmt.


Fig. 453.



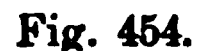
Nach Giese ist es unnöthig, die Auscultation durch die Einrichtung vorzunehmen, die Dogiel, Ludwig und Bayer gebrauchten; es genügt zur Wahrnehmung des Klappentons, die Oeffnung eines Laënnec'schen Stethoskops in das Wasser zu tauchen, worin sich das Herz befindet. Das Herz darf natürlich nicht vom Stethoskop berührt werden.

Zu dem Versuche kann man die Herzen von Hunden, Schweinen, Kälbern, Hammeln etc. benutzen. Die Herzen müssen jedoch noch ziemlich frisch sein.

Obwohl nun Bayer und Giese fanden, dass der Schluss der Mitralklappe einen Ton erzeugt, so halten dieselben doch diesen bei der Entstehung des ersten Herztones von nur untergeordneter Bedeutung, eine Ansicht, die ihre Erledigung durch die Versuche Wintrich's findet.

cc. Die Membran-Luftresonatoren Wintrich's [1])

bestehen aus einem Schallbecher A, Fig. 454, $^2/_3$ nat. Gr., von Zinkblech, über den eine Membran B von dünnem Kautschuk oder feinster Leinwand gespannt wird. Die Spannung der Membran kann durch eine Schraubenvorrichtung C, wie solche sich bei Pauken findet, regulirt werden. Auf den Rand der Schraubenvorrichtung wird ein Stethoscop oder ein zweiter Becher luftdicht aufgesetzt, der an seinem oberen Ende zwei Ansatzröhren besitzt, an welchen Kautschukschläuche befestigt werden, wie solche sich an dem Stethoscope von König befinden. An dem Mantel des Bechers sind zwei seitliche Röhrchen angebracht, die mit Kautschukschläuchen verschlossen werden können. Dieselben dienen um die Resonanzbedingungen des Luftraums zu variiren. Setzt man den Becher auf das Herz auf, so


Fig. 454.



[1]) Wintrich. Experimentalstudien über Resonanzbewegungen der Membranen. Sitzungsber. der phys. med. Societät zu Erlangen. Hft. 5, S. 3. 1873. Derselbe. Ueber Causation und Analyse der Herztöne. Ibid. Hft. 7, S. 57. 1875.

kann man je nach der Spannung der Membran die viel höheren Herzklappentöne isolirt hören und den tiefen Muskelton des Herzens bei der Systole ausschliessen oder umgekehrt nur den tiefen Muskelton hören und den Herzklappenton ausschliessen. Statt dessen kann man auch die Analyse der Herztöne mit dem oberen Becher, den Wintrich Polyscop[1]) nennt, allein vornehmen. Es ist dann nur nöthig, dass man den unteren Rand des Bechers mit einer Membran versieht. Schliesst man die seitlichen Oeffnungen z. B. mit den Fingern, so hört man den dumpfen Muskelton, entfernt man die Finger, so hört man das systolische Klappengeräusch.

β. Die Versuche über die Entstehung des zweiten Herztons rühren von Rouanet, Williams und Guttmann her. Aus denselben erhellt, dass der zweite Herzton in der Aorta und in der A. pulmonalis durch das Zusammenschlagen der halbmondförmigen Klappen entsteht.

aa. Der Versuch von Rouanet[2])

zeigt direct, dass das Entfalten der Semilunarklappen mit einem Geräusche, das dem zweiten Herzton entspricht, verbunden ist. Man schneidet die Aorta aus und befestigt einige Centimeter oberhalb der Semilunarklappen eine über 1 m lange Glasröhre, ebenso befestigt man unterhalb der Semilunarklappen in der Aorta eine Glasröhre von etwa 7 cm Länge und bindet an diese eine Schweinsblase. Hierauf füllt man die Schweinsblase mit Wasser und giesst soviel Wasser nach, bis dasselbe oberhalb der Klappen steht. Bringt man nun ein Stethoskop in der Gegend der Klappen an und drückt man die Blase, so hört man sobald man mit dem Druck auf die Blase plötzlich nachlässt und das Wasser in der Röhre in die Blase zurückstürzt, einen deutlichen Ton. Soll der Versuch gelingen, so ist nothwendig, dass die an dem unteren Ende der Aorta eingebundene Röhre nicht zu weit gewählt wird.

Statt dieser Versuchsanordnung kann man auch nach Giese[3]) so verfahren, dass man die Aorta mit einem Theil der Herzwand ausschneidet, über den Semilunarklappen das v. Wittich'sche Hahnstück einbindet, dieses mit einem Wasserreservoir, das 2 bis 3 m über der Aorta befindlich ist, verbindet, und die Aorta, wie oben S. 615 das Herz, unter Wasser bringt. Oeffnet man nun den Hahn, so werden die Klappen dem Druck der Flüssigkeitssäule ausgesetzt und zum Verschlusse gebracht, dabei hört man einen deutlich klappenden Ton, dessen Aehnlichkeit mit dem zweiten Herzton nicht zu verkennen ist. Die Aorta, das Hahnstück wie

---

[1]) Wintrich. Das Polyscop. Dessen: Medicinische Neuigkeiten für praktische Aerzte. 23. Jahrg., S. 169. 1873.

[2]) Rouanet. Analyse des bruits du coeur, p. 9. 1832.

[3]) Giese. Untersuchungen über die Entstehung der Herztöne. Greifswald. Inaug.-Abhandl. S. 20. 1871.

die Wasser zuführenden Röhren müssen natürlich vor dem Versuche vollständig mit Wasser gefüllt sein.

bb. Der Versuch von Charles Williams[1])

zeigt, dass durch Ausschaltung der Semilunarklappen der Aorta und der Pulmonalarterie der zweite Ton nicht auftritt. Das Ausschalten der Klappen nahm Williams dadurch vor, dass er einen Sectionshaken oder eine Schusterale in die Aorta und Pulmonalarterie einschob, und mit diesem eine Klappe fing. Williams experimentirte an curaresirten Eseln.

Diesen Versuch stellt man zweckmässiger in der Weise an, dass man feine gekrümmte Nadeln in die Aorta und Pulmonalarterie unter der Ansatzstelle der halbmondförmigen Klappen einsticht und ungefähr 1 cm davon nach oben und auswärts führt. Zwischen der Nadel und der Arterienwand ist dann eine Klappe eingeschlossen. Auscultirt man ein derartiges Herz, so hört man den zweiten Ton nicht mehr oder statt dessen höchstens ein Geräusch. In der angeführten Weise stellte ihn das britische Comité zur Erforschung der Herzbewegung, das 1835 in Dublin tagte, an einem Kalbe an[2]). Der Versuch gelingt indessen ebenso gut an Hunden.

cc. Der Versuch von Guttmann[3])

zeigt, dass nach Abschneiden der Blutzufuhr der zweite Herzton ausbleibt. Bei einem curaresirten Hunde wird nach Anlegung einer Trachealfistel künstliche Respiration eingeleitet, der Brustkorb geöffnet und sämmtliche Gefässe des Herzens frei präparirt. Hierauf legt man um sämmtliche zum Herzen gehende Venen eine Schlinge und ebenso um die arteriellen Gefässe. Hebt man nun die Schlinge um die Venen stark empor, so wird die Blutzufuhr zum Herzen vollständig abgeschnitten, und hebt man alsdann die Schlinge um die Arterien stark empor, so ist in dem Herzen nur wenig Blut mehr enthalten. Auscultirt man das Herz, so hört man keine Spur eines zweiten Tons mehr. Um durch kein nebensächliches

---

[1]) Williams. Die Pathologie und Diagnose der Krankheiten der Brust insbesondere erläutert durch eine rationelle Erklärung ihrer physikalischen Zeichen nebst neuen Untersuchungen über die Töne des Herzens. Deutsch von Velten. S. 98. 1835. Auch: Williams, Todd und Clendinning. Report of the London Sub-Committee of the British Association Medical Section, on the motions and sounds of the heart. Rep. of the VI. meeting of the British Assoc. for the advancem. of science. Vol. V, p. 267. 1837.

[2]) Adams, Law, Greene, M'Dowell, Zoy, Nolau, Kennedy und Carlile. Report on the motions and sounds of the heart. By the Dublin Sub-Committee of the medical section. Rep. of the V. meeting of the Brit. Assoc. for the advancem. of science, p. 247. 1836.

[3]) Guttmann. Ueber die Entstehung des ersten Herztons. Virch. Arch. Bd. 46, S. 225. 1869.

Geräusch bei der Auscultation gestört zu werden, kann man während dieser Zeit die künstliche Athmung einstellen.

15. Bestimmung der Herzarbeit.

Mit dem Namen Herzarbeit bezeichnen wir diejenige Arbeit, welche das Herz bei den Systolen leistet. Dieselbe lässt sich aus der Blutmenge berechnen, welche unter einem bestimmten Druck und mit einer bestimmten Geschwindigkeit bei einer Herzsystole in die arteriellen Gefässe getrieben wird. Die erste derartige Berechnung stellte Robert Mayer [1]) an.

Man pflegt derartigen Berechnungen als Einheit das Meterkilogramm oder das Kilogrammmeter zu Grunde zu legen; handelt es sich jedoch um sehr geringe Leistungen, so rechnet man wohl auch nach Grammmetern oder Grammmillimetern. Man versteht unter 1 Meterkilogramm oder 1 Kilogrammmeter das Vermögen, 1 k Gewicht auf 1 m Höhe zu heben; dem entsprechend versteht man unter 1 Grammmeter das Vermögen, 1 g auf 1 m Höhe und unter 1 Grammmillimeter das Vermögen, 1 g auf 1 mm Höhe zu heben.

In früherer Zeit, wo man Fuss und Pfund als Längen- und Gewichtseinheit benutzte, war das Fusspfund die Einheit, nach der man eine Kraft schätzte.

1 Kilogrammmeter = 6·8 Fusspfund rheinländ.
1 „ = 7·2 „ englisch.

Die geleistete Arbeit kann auch mit der Arbeit verglichen werden, welche ein Pferd in einer bestimmten Zeit leistet; man spricht alsdann von Pferdekräften. Eine solche Pferdekraft ist = 75 mk, indem man annimmt, dass im Durchschnitt ein Pferd eine Last von 75 k auf 1 m Höhe in der Secunde hebt. Nach englischem Maass ist eine Pferdekraft = 542, nach preussischem = 510 Fusspfund.

Im Allgemeinen ergiebt sich die Leistung eines Herzventrikels in der Minute aus der Formel

$$n \, . \, q \, . \, h,$$

wobei q die Menge des Blutes, welche bei jeder Systole den Ventrikel verlässt, h den Blutdruck in der Aorta für den linken oder der Pulmonalarterie für den rechten Ventrikel und n die Anzahl der Systolen bedeutet.

Bei einer genauen Berechnung der Herzarbeit muss auch der Geschwindigkeit Rechnung getragen werden, mit der das Blut bei der Systole in die arterielle Bahn getrieben wird. Dieselbe ergiebt sich aus

---

[1]) R. Mayer. Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel. S. 55. 1845.

dem sogenannten Torricelli'schen[1]) Theorem, welches besagt, dass

$$v = \sqrt{2\,gh}\ ^{2)},$$

wobei v die Geschwindigkeit, g die Intensität der Schwere $= 9{\cdot}81$ m, h die Höhe der Flüssigkeitssäule bezeichnet. Aus dieser Gleichung folgt die Grösse

$$h = \frac{v^2}{2g}.$$

Die Ertheilung der Geschwindigkeit an q Kilo von Seite des Herzens ist daher gleich einer Arbeit von

$$q \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Kilogrammmeter, denn die q. Kilos würden von der Höhe $\frac{v^2}{2g}$ herabfallend diese Geschwindigkeit erlangen. Die gesammte Arbeit A einer Ventrikelsystole ist demnach

$$A = q\left(h + \frac{v^2}{2g}\right).$$

Wir handeln im Folgenden von der Bestimmung der einzelnen Factoren, auf die sich die Berechnung der Herzarbeit gründet, beschreiben hierauf das Verfahren, mittelst dessen die Arbeitsleistung des isolirten Froschherzens studirt werden kann, und berichten schliesslich von dem Versuche R. Mayer's, die Arbeit des menschlichen Herzens zu berechnen.

a. Die Bestimmung der einzelnen Factoren, auf die sich die Berechnung der Herzarbeit gründet. Wie oben angegeben, bilden diese Factoren das Gewicht des Blutes, das bei jeder Systole aus dem Ventrikel geworfen wird, der Druck und die Geschwindigkeit, mit der das Blut in die arteriellen Gefässe getrieben wird.

α. Die Bestimmung der Blutmenge, welche bei jeder Systole das Herz verlässt, kann annäherungsweise durch die Methoden geschehen, welche wir S. 599 bei der Bestimmung des Rauminhaltes der Herzhöhlen erörterten. Wir bemerken, dass die hierbei ermittelte Menge bei den Säugethieren und Vögeln für beide Ventrikel gleich sein muss, da bei der Systole die nämliche Blutmenge aus dem rechten und linken Ventrikel geworfen wird.

---

[1]) Die Untersuchungen Torricelli's über die Gesetze des Ausflusses von Flüssigkeiten aus Gefässen finden sich in: Opera geometrica Evangelistae Torricellii. De motu gravium naturaliter descendentium. p. 191. 1644.

[2]) Die Formel $\sqrt{2\,gh}$ ergiebt sich aus den Formeln $v = g\,.\,t$ und $s = \frac{g}{2}\,t^2$ durch Elimination von t. In diesen Formeln bedeutet v die Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers, t die Fallzeit in Secunden, s den Fallraum und g die Geschwindigkeit des fallenden Körpers am Ende der ersten Secunde. Dieselbe ist $= 30{\cdot}16'$ Par. oder $9{\cdot}809$ m.

β. Die Bestimmung des Drucks, mit dem das Blut aus dem Ventrikel geworfen wird, geschieht mittelst des Poiseuille'schen[1]) Manometers. Dasselbe, Fig. 455, $^1/_6$ nat. Gr., besteht aus einer U-förmig gebogenen Röhre, die theilweise mit Quecksilber gefüllt ist. Die Röhre ist an einem Brettchen befestigt, auf dem sich ein Millimetermaassstab befindet. Der kürzere Schenkel des Manometers wird mit einer Lösung von Natriumcarbonat gefüllt und mit der Arterie in Verbindung gesetzt, in der der Blutdruck gemessen werden soll. Das hierbei einzuschlagende Verfahren werden wir bei der Blutbewegung durch die Arterien des Näheren angeben.

Mittelst des Manometers wird der Blutdruck in der Aorta und der Pulmonalarterie gemessen. Die Messung im Ventrikel selbst kann durch dasselbe nicht vorgenommen werden, da die Systole zu kurze Zeit dauert, als dass das Quecksilber im Manometer Zeit hätte, die dem systolischen Druck entsprechende Bewegung durchzuführen; zumal da bei Abschluss der Systole der Druck im Herzen plötzlich ausserordentlich sinkt und das in dem Manometer bewegte Quecksilber rasch zurückfällt. Bei der Kürze der Diastole indess vermag das Quecksilber aber ebenso

Fig. 455. Fig. 456.

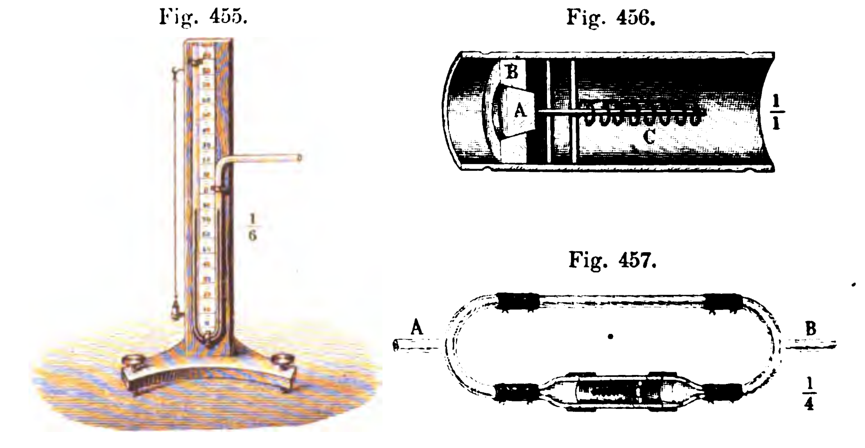


Fig. 457.

wenig die absteigende Bewegung bis zu dem Punkte auszuführen, welcher dem Druck im Herzen während der Diastole wirklich entspricht.

Will man den höchsten und niedrigsten Druck in den beiden Ventrikeln bestimmen, so muss man das Manometer mit einer Einrichtung versehen, welche die bei der Systole emporgehobene Quecksilbermasse hindert, bei der Diastole sofort wieder herabzusinken. Goltz und Gaule[2])

---

[1]) Poiseuille. Recherches sur l'action des artères dans la circulation artérielle. Magendie. Journ. de physiol. expériment. et patholog. T. 9, p. 48. 1829.

[2]) Goltz und Gaule. Ueber die Druckverhältnisse im Inneren des Herzens. Pflüger's Arch. Bd. 17, S. 102. 1878.

schalteten deshalb zwischen dem Poiseuille'schen Manometer und der Röhre, welche in das Herz eingebracht wird, ein Kegelventil ein. Dieses Ventil, Fig. 456, nat. Gr., besteht aus dem Kegelstumpf *A*, der in die Bohrung der Scheidewand *B* genau passt, und einer schwachen Spirale *C*, welche den Kegel gegen die Bohrung drückt. Das Ventil ist für gewöhnlich geschlossen, sobald aber auf der Seite des verjüngten Endes des Kegels ein geringer Ueberdruck stattfindet, der genügt, die schwache Spirale zu überwinden, so öffnet sich das Ventil. Ist dagegen auf der Seite der Basis des Kegels ein Ueberdruck vorhanden, so wird das Ventil um so fester geschlossen.

Dieses Kegelventil findet sich in dem einen Arme eines Gabelrohres, Fig. 457, $^1/_4$ nat. Gr., eingeschaltet, dessen Ende *A* mit dem Manometer, und dessen Ende *B* mittelst einer Röhre mit dem Herzen in Verbindung gesetzt wird.

Soll mittelst dieses Manometers der Blutdruck z. B. im linken Ventrikel bestimmt werden, so wird in die frei präparirte A. carotis eine an beiden Enden quer abgeschnittene gut geölte Metallröhre, deren Durchmesser sich nach dem Lumen der Arterie richtet, eingeführt. In dieser Röhre steckt ein hölzernes rundes Stäbchen, das mit einem conischen Endstück versehen ist, das aus der Mündung der Röhre hervorragt. Das Lumen der Röhre wird durch das Stäbchen vollständig ausgefüllt. Befindet sich das untere Ende der Röhre im linken Herzen, so wird das obere in die A. carotis gut eingebunden, der Stab aus ihr entfernt und die Verbindung mit dem Stück *B* des Gabelrohres hergestellt. Das Gabelrohr ist vollständig mit Natriumcarbonat gefüllt; der Arm, in dem das Ventil sich befindet, ist zunächst durch eine Klemmschraube geschlossen. Sperrt man nun den ventilfreien Arm ab und öffnet man den anderen, so dass das Herz mit dem Manometer durch das Ventil in Verbindung gesetzt wird, so erhält man den Maximaldruck im linken Ventrikel. Derselbe ist 8 bis 14 mm höher als in der Aorta.

Den Maximaldruck im rechten Ventrikel bestimmt man in der nämlichen Weise. Der Herzkatheter wird in die frei präparirte Ven. jugul. extern. eingesteckt und in den rechten Ventrikel durch den Vorhof eingeführt.

Will man den Minimaldruck messen, so schaltet man das Ventil zwischen Herz und Manometer in umgekehrter Richtung in das Gabelrohr ein. Die übrige Versuchsanordnung bleibt dieselbe.

Nach Marey [1]) ist das Verhältniss zwischen dem Druck in der Aorta und der Art. pulmonalis wie 1 : 3, nach den Bestimmungen von Goltz und Gaule [2]) wie 2 : 5.

---

[1]) Marey. Physiologie médicale de la circulation du sang, p. 104. 1863.

[2]) Goltz und Gaule. Ueber die Druckverhältnisse im Inneren des Herzens. Pflüger's Arch. Bd. 17, S. 107. 1878.

Der Druck des Quecksilbers ist auf die Höhe einer entsprechenden Blutsäule umzurechnen. Man findet dieselbe, wenn man den am Manometer in Millimetern abgelesenen Druck mit $\frac{S}{s}$ multiplicirt, wobei S das specifische Gewicht des Quecksilbers, s das des Blutes bedeutet.

Hat man z. B. gefunden, dass der mittlere Druck bei der Systole 150 mm Quecksilber beträgt, so entspricht dieser Druck einer Blutsäule bei 1 qcm Grundfläche von $\frac{13·60}{1·06} . 150 = 1·92$ m Höhe.

γ. Die Bestimmung der Geschwindigkeit, mit der das Blut in die arteriellen Gefässe einströmt, geschieht mittelst besonderer Methoden, die wir bei der Bewegung des Blutes durch die Gefässe beschreiben werden. Die Bestimmung ist eine indirecte.

b. **Die Bestimmung der Arbeitsleistung des isolirten Froschherzens** ist erst seit der Zeit möglich, seit der es Cyon [1]) gelang, das aus dem Körper entfernte Herz zu ernähren und leistungsfähig zu erhalten. Die Versuchseinrichtung besteht im Allgemeinen darin, dass das aus dem Körper herausgeschnittene Herz durch besondere Apparate ernährt und mit einem Manometer verbunden wird, welches die Arbeit registrirt.

Bei der Anstellung derartiger Versuche wolle man sich an die Beobachtung Gaule's [2]) erinnern, dass die Herzen von Fröschen, welche direct aus der Kälte kommen, einen langsamen Puls haben, und sehr leicht ermüden, dass die Herzaction der Thiere aber sehr kräftig ist, die einige Tage vorher im warmen Zimmer weilten.

Wir beschreiben anbei das Verfahren, mittelst dessen das Herz ernährt wird, handeln sodann von der Zusammensetzung der Nährflüssigkeiten und erörtern schliesslich die Einrichtung des Froschherzmanometers.

α. Die Ernährung des Herzens während des Versuchs geschieht entweder nach der Methode von Cyon oder der von Ludwig.

aa. Methode von Cyon [3]).

Man bindet in die Ven. cav. inf. und die Aorta je eine Canüle ein, befestigt an dieser Kautschukschläuche und verbindet diese durch eine gebogene Glasröhre. Das Röhrensystem wird durch eine seitliche Oeff-

---

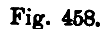
[1]) Cyon. Ueber den Einfluss der Temperaturänderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math.-phys. Cl. Bd. 18, S. 256. 1866.

[2]) Gaule. Die Leistungen des entbluteten Froschherzens. Arch. f. Anat. u. Physiol. Phys. Abth. Jahrg. 1878, S. 299. 1878.

[3]) Cyon. Ueber den Einfluss der Temperaturveränderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math.-phys. Cl. Bd. 18, S. 259. 1866.

nung mit Nährflüssigkeit gefüllt. Indem nun das schlagende Herz die Flüssigkeit in Bewegung setzt, entsteht ein künstlicher Kreislauf, durch den stets neue Flüssigkeit dem Herzen zugeführt wird.

Zweckmässig benutzt man nunmehr zu derartigen Versuchen den Apparat von Bowditch [1]). Derselbe besteht aus den beiden Glasröhren *A* und *B*, Fig. 458, $^1/_2$ nat. Gr., an welche die Canülen, die in die Ven.


Fig. 458.



cava inf. und die Aorta eingebunden sind, mittelst Kautschukschläuchen befestigt werden. An *A* und *B* sind die Glashähne *C* und *F*, welche eine ┬-förmige Bohrung besitzen, angeschmolzen. Von dem Hahnstück

[1]) Biedermann. Bericht über die Ausstellung wissenschaftlicher Apparate im South Kensington Museum zu London 1876, S. 998. 1877.

F geht eine seitliche Röhre ab, die mit dem Manometer *E* in Verbindung gesetzt werden kann, von dem Hahnstück *C* zweigt sich ebenfalls eine Röhre ab, die durch einen Kautschukschlauch mit der Röhre *G* verbunden ist. Oberhalb der Hähne *C* und *F* befindet sich eine gebogene Glasröhre, in deren Mitte der Hahn *J* angebracht ist. Von *J* gehen zwei seitliche Röhren ab, die mit Kautschukschläuchen versehen sind. Die eine führt zu der Mariotte'schen Flasche *K*, die andere ist mit einem Glasstöpsel verschlossen.

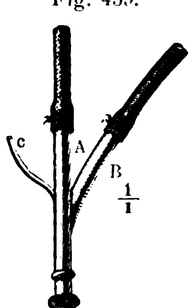
Mittelst der Hähne *C*, *F* und *J* hat man es in der Gewalt, das Herz von dem Manometer oder der Mariotte'schen Flasche abzuschliessen, oder die im Herzen und dem Apparate befindliche Flüssigkeit durch neue zu ersetzen, ohne dass derselbe aus einander genommen zu werden braucht.

Das Herz wird während des Versuches mit Serum befeuchtet oder in einen kleinen Behälter mit Nährlösung eingesenkt.

Die Canülen, welche in das Herz eingebunden werden, müssen an ihrem unteren Ende gebogen sein, damit das aufgebundene Herz durch dieselben nicht gezerrt wird.

Statt zwei Canülen kann man auch die Doppelwegcanüle von Kronecker[1]) benutzen. Dieselbe, Fig. 459, nat. Gr., besteht aus den beiden Röhren *A* und *B*, die mit einander verlöthet sind. Das gewulstete Ende wird durch den angeschnittenen Sinus venosus in den Ventrikel geführt und die Vorhöfe oberhalb des Sinus venosus auf dasselbe gebunden. Bei der Anlegung der Ligatur hat man sich an die Versuche von Stannius[2]) zu erinnern, nach welchen durch Anlegen einer solchen an der oberen Grenze des venösen Sinus oder an irgend einem Orte unterhalb derselben bis zur Atrioventricularfurche die abgeschnürten Herztheile sogleich zum Stillstande in Diastole gebracht werden. Sollen also die automatischen Herzbewegungen nicht unterdrückt werden, so darf die Ligatur nicht zu tief angelegt werden.

Fig. 459.



Die Canüle Kronecker's besitzt einen seitlich angelötheten Draht *c*. Wird dieser mit dem einen Pole einer galvanischen Kette verbunden, so kann die Canüle zugleich als Electrode benutzt werden.

---

1) Kronecker. Das charakteristische Merkmal der Herzmuskelbewegung. Beiträge zur Anat. und Phys. C. Ludwig gewidmet. S. CLXXIV. 1874.

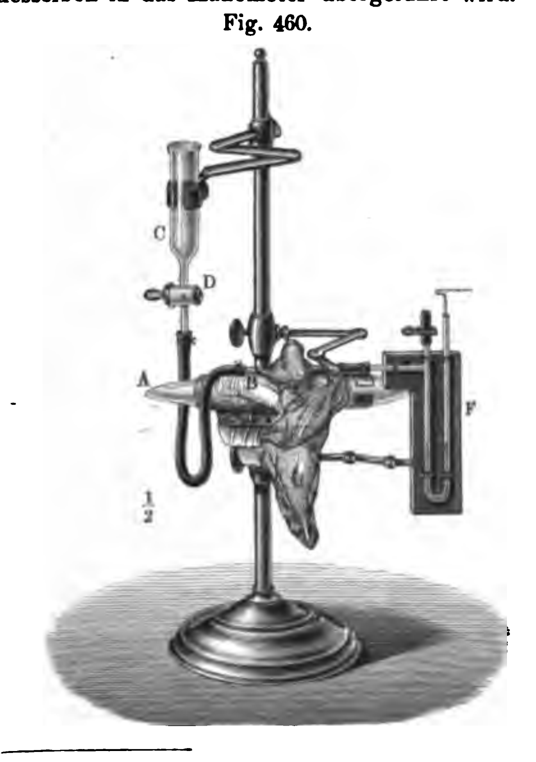
2) Stannius. Zwei Reihen physiologischer Versuche. Arch. f. Anat. Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1852. S. 87. 1852.

bb. Methode von Ludwig[1]).

Man legt das Herz frei, eröffnet den Herzbeutel, unterbindet einen Zweig der Aortengabel, schiebt in den andern eine Glascanüle durch den Bulbus aortae bis zum Ventrikel vor und bindet diese ein. Hierauf schneidet man die Leber weg, führt eine möglichst starke Canüle durch die untere Hohlvene bis in den Vorhof ein und bindet dieselbe fest. Man entfernt die Lunge, durchschneidet den Magen und steckt durch den Mund und den offenen Magen eine starke an beiden Enden zugeschmolzene Glasröhre *A*, Fig. 460, $^1/_2$ nat. Gr. An dieser Glasröhre wird das Präparat an einem Stative befestigt. Nunmehr verbindet man die Canüle *B*, die in den Vorhof eingebunden ist, durch einen Kautschukschlauch mit dem Glasbehälter *C*, der an seinem unteren Ende einen Glashahn *D* besitzt und die Nährflüssigkeit enthält und die Aortencanüle *E* mit dem Manometer *F*.

Oeffnet man den Hahn des Gefässes *C*, so tritt Serum in den Vorhof, das von da in den Ventrikel gelangt und durch die Contraction desselben in das Manometer übergeführt wird.

Fig. 460.



Bei der angegebenen Präparationsmethode bleibt das Herz in Verbindung mit einem Theile der Wirbelsäule und dem Gehirne. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, die Nerven, die zum Herzen gehen, längs ihres Verlaufs zu präpariren; leicht gelingt dies z. B. mit dem N. vagus.

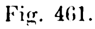
β. Die Nährflüssigkeiten. Die beste Flüssigkeit zur Ernährung des Herzens ist natürlich defibrinirtes Froschblut. Da dies aber sehr schwer in genügender Menge zu beschaffen ist, da man von einem grossen Frosche wenig mehr

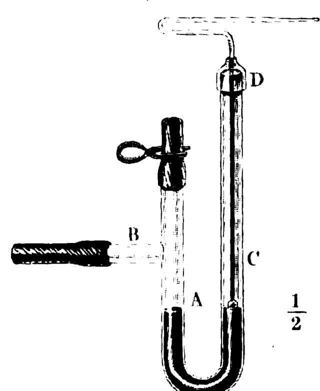
[1]) Coats. Wie ändern sich durch die Erregung des n. vagus die Arbeit

als 1 cbcm Blut erhält, so kann man statt dessen nach Cyon [1]) Kaninchenblutserum benutzen. Die von einem Thiere gewonnene Serummenge genügt für mehrere Versuche; das Serum bleibt über mehrere Tage hinaus brauchbar, namentlich wenn es auf Eis gestellt wird. Mit dieser Beobachtung stimmen die Versuche Mc'Guire's überein, wie Kronecker [2]) mittheilt. Merunowicz [3]) erprobte eine Mischung von 1 Thl. frisch geschlagenem Kaninchenblut und 4 Thl. 0·6 proc. Kochsalzlösung. Nach Gaule [4]) erhält man eine vorzügliche Nährflüssigkeit, wenn man 100 cbcm einer 0·6 proc. Kochsalzlösung mit 0·005 g Natronhydrat versetzt.

γ. Das Froschherzmanometer, Fig. 461, $^1/_2$ nat. Gr. besteht aus einer U-förmig gebogenen Röhre von etwa 2 mm innerem Durchmesser, an dessen einem Schenkel *A* eine seitliche Röhre *B* angeschmolzen ist, das zur Verbindung mit der Canüle dient, die in den Ventrikel eingebunden ist, und auf dessen anderen Schenkel *C* eine durchbohrte Glasklappe *D* aufgesetzt ist. Das Manometer wird theilweise mit Quecksilber gefüllt und auf dasselbe im Schenkel *C* ein Schwimmer gesetzt, der aus einem kleinen Glaskügelchen und einem Glasfaden, dessen oberes Ende knieförmig gebogen ist besteht, oder aus einem Glaskügelchen und einem feinen Strohhalm sich zusammensetzt, an dessen oberem Ende eine Glasfeder aufgeklebt ist, die mit Anilinlösung gefüllt wird, sobald auf Papier geschrieben wird. Die Glasfeder haben wir bereits S. 120 Fig. 107, nat. Gr., abgebildet. Der Schwimmer gleitet in der Glaskappe *D*. Die Glasfeder wird durch einen Coconfaden, der an einer an der Axe der Kymographiontrommel befestigten Querstange herabhängt und durch ein Schrotkorn beschwert ist, lose an die Kymographiontrommel angedrückt.

Fig. 461.





---

und die inneren Reize des Herzens? Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math. phys. Cl. Bd. 21, S. 360. 1869.

[1]) Cyon. Ueber den Einfluss der Temperaturänderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math.-phys. Cl. Bd. 18, S. 268. 1866.

[2]) Kronecker. Ueber die Speisung des Froschherzens. Verhandl. der physiol. Gesellsch. zu Berlin. Arch. f. Anat. und Physiol. Phys. Abth. Jahrg. 1878. S. 321. 1878.

[3]) Merunowicz. Ueber die chemischen Bedingungen für die Entstehung des Herzschlags. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math. phys. Cl. Bd. 27, S. 253. 1876.

[4]) Gaule. Die Leistungen des entbluteten Froschherzens. Arch. für Anat. und Physiol. Phys. Abth. Jahrg. 1878. S. 294. 1878.

Diese Führung erzeugt eine so geringe Reibung, dass der Schwimmer trotz seines geringen Gewichtes beim Absteigen niemals hinter der Quecksilberoberfläche zurückbleibt.

Das Manometer giebt die Maxima und Minima der vom Herzen gelieferten Drücke richtig an, so lange die Zahl der Herzschläge 80 in der Minute nicht übersteigt, wobei vorausgesetzt ist, dass sich der Auf- und Niedergang einer Schlagcurve gleichmässig in die ganze Zeit theilt, wie Cyon [1]) ermittelte, der das erste derartige Manometer auch construirte. Die Vereinfachung desselben rührt von Bowditch [2]) her.

c. **Berechnung der Arbeit des menschlichen Herzens.** R. Mayer [3]) hat zuerst eine Berechnung der Herzarbeit des Menschen angestellt. Die Factoren dieser Rechnung bildeten die Annahme, dass der linke Ventrikel bei jeder Systole eine Blutmenge von 150 cbcm befördert und dass der hydrostatische Druck des Blutes in den Arterien nach Poiseuille [4]) dem Drucke einer 16 cm hohen Quecksilbersäule gleich ist. Daraus berechnet Mayer die Arbeit, die der linke Ventrikel bei jeder Systole leistet zu 0·325 Mk. und unter Annahme, dass der rechte Ventrikel nur die Hälfte der Arbeit des linken leistet, die gemeinschaftliche Arbeit der beiden Ventrikel = 0·49 Mk.

Es dürfte sich von selbst verstehen, dass die Berechnung nur eine beiläufige ist. Die Berechnung nähert sich aber um so mehr der Wahrheit, je genauer es gelingt, das Gewicht des Blutes zu bestimmen, welches bei jeder Systole den Ventrikel verlässt und den Widerstand zu bemessen, den es dabei zu überwinden hat.

Schätzt man die Blutmenge, welche bei jeder Systole aus dem Ventrikel getrieben wird, mit Volkmann auf 0·188 Kilo, nimmt man den mittleren Blutdruck in der Aorta zur Zeit der Systole zu ungefähr 250 mm Quecksilber an, was nach S. 624 dem Gewichte einer Blutsäule von 3·2 m entspricht und die mittlere Geschwindigkeit des Blutes in der Aorta nach Volkmann [5]) = 0·4 m, so ist die Herzarbeit für den linken Ventrikel bei 70 Herzschlägen in der Minute nach der S. 621 angegebenen Formel

$$70 \, . \, 0{\cdot}188 \, (3{\cdot}2 + 0{\cdot}081) = 43{\cdot}177$$

Kilogrammmeter.

---

[1]) Cyon. Ueber den Einfluss der Temperaturänderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math. phys. Cl. Bd. 18, S. 263. 1866.

[2]) Bowditch. Ueber die Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math. phys. Cl. Bd. 23, S. 655. 1872.

[3]) R. Mayer. Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel. S. 55. 1845. Derselbe. Ueber die Herzkraft. Arch. für physiolog. Heilkunde. Jahrg. 10, S. 512. 1851.

[4]) Poiseuille. Recherches sur la force du coeur aortique. Magendie. Journ. de physiol. T. 8. p. 304. 1828.

[5]) Volkmann. Die Hämodynamik nach Versuchen. S. 268. 1850.

16. Von der Innervation des Herzens.

Aus den Untersuchungen von Weber, Volkmann, Ludwig, Traube, v. Bezold, Bever, Cyon, Schmiedeberg, Stricker und vieler anderer geht hervor, dass die Herzbewegung von drei functionell verschiedenen Nervensystemen, die man nach Volkmann[1]) Centralorgane nennt, beeinflusst wird.

Das eine Nervensystem, das Traube[2]) als muskulomotorisches bezeichnet, liegt im Herzen selbst; das andere, das regulatorische System genannt, besteht aus den durch die Herzäste des N. vagus verlaufenden Fasern; das dritte Nervensystem von v. Bezold[3]), als excitirendes oder excitomotorisches bezeichnet, wird von den sogenannten Beschleunigungsnerven gebildet, die im Gehirne entspringen und zwischen Aorta und A. pulmonalis endigen.

Wir geben anbei eine Anleitung, die anatomischen Verhältnisse dieser verschiedenen Nervensysteme kennen zu lernen und diejenigen Versuche anzustellen, aus denen ihre physiologische Function erhellt.

a. **Das muskulomotorische Nervensystem** wird durch die Herzganglien dargestellt, die Remak[4]) zuerst im Kalbsherzen entdeckte.

α. Die anatomische Anordnung der Herzganglien ist bei den Säugethieren, den Vögeln und Fröschen verschieden. Die diesbezüglichen Verhältnisse wurden vorzugsweise bei ersteren von Schklarewski, bei letzteren von Ludwig und Bidder studirt. Wir beschreiben anbei die Methoden, mittelst deren es gelingt, die Herzganglien bei Säugethieren, Vögeln und Fröschen nachzuweisen.

aa. Der Nachweis der Herzganglien bei Säugethieren und Vögeln

geschieht nach Schklarewski[5]) am besten, dass man die wo möglich dem lebenden Thiere entnommenen Herzen in verdünntem etwa 20 Proc.

---

[1]) Nach der Definition von Volkmann ist ein Centralorgan ein regulatorischer Apparat, welcher eine Vielheit vereinzelter Kräfte zu Gunsten eines organischen Zwecks in passende Verbindung setzt. Artikel „Nervenphysiologie" in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II, S. 480. 1844.

[2]) Traube. Versuche über die Wirkung der Digitalis, insbesondere über den Einfluss derselben auf die Körpertemperatur in fieberhaften Krankheiten. Annalen des Charité-Krankenhauses zu Berlin. 2. Jahrg., S. 57. 1851.

[3]) v. Bezold. Innervation des Herzens. S. 197. 1863.

[4]) Remak. Neurologische Erläuterungen. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1844. S. 463. 1844.

[5]) Schklarewski. Ueber die Anordnung der Herzganglien bei Vögeln und Säugethieren. Nachr. von der königl. Gesellsch. der Wissensch. und der G. A. Univers. zu Göttingen aus dem Jahre 1872. S. 426. 1872.

haltigem Holzessig 12 bis 36 Stunden maceriren lässt. Die ansehnlichsten Ganglien findet man bei Säugethieren nahe der Einmündung der V. cava inferior in das Herz, bei Vögeln namentlich an der Atrioventriculargrenze zwischen rechtem und linkem Herzen. Die Untersuchung wird dadurch, dass die Ganglien meist in fettreichem Bindegewebe eingehüllt sind, sehr erschwert. Schklarewski räth deshalb zu den Untersuchungen Thiere zu benutzen, welche längere Zeit hungerten. Die Mitte der Vorhofsscheidewand ist ganz frei von Nerven und Ganglien.

An wenig fetthaltigen Herzen lässt sich nachweisen, dass die grösseren Herzganglien durch Nervenfaserstränge zu Ketten verbunden zunächst zwei geschlossene Ringe bilden, von denen der eine nahe rechtwinklig zur Herzbasis streichend dem äussersten Umfange der Vorhofsscheidewand entspricht, während der andere nahe rechtwinklig zu jenem in der Atrioventriculargrenze verläuft und dabei vorn und hinten in der Ebene der Scheidewand zwischen rechtem und linkem Herzen den ersteren Ring unter Anastomosirung durchkreuzt. Die Ganglien liegen gewöhnlich ziemlich oberflächlich unter dem Pericardium.

bb. Der Nachweis der Herzganglien beim Frosche

geschieht, wenn es nur gilt, die Anwesenheit von Ganglien in einzelnen Herzstückchen zu zeigen, am besten nach der Methode von Friedländer; wird dagegen beabsichtigt, das Verhältniss der Ganglien zu einander zu studiren, so kann man nach den Methoden von Ludwig und Bidder verfahren. Man nennt die Ganglien, welche im Vorhofe liegen, Vorhofsganglien, die an der Grenze des Ventrikels liegen, Atrioventricularganglien oder nach ihrem Entdecker Bidder'sche [1]) Ganglien.

αα. Methode von Friedländer [2]). Man legt die einzelnen Muskelstückchen in eine mit Rosanilin versetzte 0,1procentige Essigsäure und lässt sie dort etwa eine Stunde verweilen. Hierauf bringt man die intensiv gefärbten Stückchen in schwach mit Essigsäure angesäuertes Wasser und lässt sie so lange liegen, bis Bindegewebe und Muskel vollständig entfärbt erscheinen; die Ganglienzellen bleiben indess intensiv gefärbt und heben sich bei der mikroskopischen Beobachtung auf das deutlichste von dem blassen übrigen Gewebe ab.

ββ. Methode von Ludwig [3]). Man bindet in die Aorta eine mit mässig warmer Leimlösung gefüllte Spritze und injicirt die Lösung

---

[1]) Bidder. Ueber functionell verschiedene und räumlich getrennte Nervencentra im Froschherzen. Arch f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1852, S. 171. 1852.

[2]) Friedländer. Ueber die nervösen Centralorgane des Froschherzens. v. Bezold. Unters. aus dem phys. Laborat. in Würzburg. Thl. I, S. 167. 1867.

[3]) Ludwig. Ueber die Herznerven des Frosches. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1848. S. 143. 1848.

in das Herz. Sobald der Leim erstarrt ist, schneidet man einzelne Stückchen aus dem Vorhof aus und breitet sie auf einem Objectträger aus. Zeichnet man die jeweiligen Enden eines ausgeschnittenen Stückchens auf und schneidet man Stückchen für Stückchen aus, so erhält man eine Uebersicht über das ganze Nervensystem des Vorhofs bis zu den Venen. Durch die Erfahrung hat man erprobt, dass es zweckmässig ist, die Präparation vom linken Vorhof aus vorzunehmen.

$\gamma\gamma$. Methode von Bidder[1]). Man bindet eine feine Glascanüle in eine Vene oder die Aorta ein, unterbindet die übrigen Gefässe und bläst das Herz stark auf. Lässt man ein solches Herz nun trocknen, so werden die Wandungen der Vorhöfe und das Septum viel durchsichtiger, als im frischen Zustande. Einzelne Stückchen der Wandung ausgeschnitten, mit Wasser benetzt und auf einem Objectträger ausgebreitet, gewähren darum bei mikroskopischer Betrachtung die befriedigendste Einsicht.

Will man indessen ein zusammenhängendes Bild von dem Gesammtverlaufe der Herznerven des Frosches gewinnen, so muss man die Untersuchung am frischen und in seinen natürlichen Verbindungen gelassenen Herzen machen. Man thut dann am besten, dass man die äussere Wand des linken Vorhofs der Länge nach spaltet und die Vorhofswand vorsichtig wegschneidet. Das Septum wird dadurch sichtbar und auf demselben die beiden gleichstarken Aeste des Herzvagus.

β. Physiologie des musculomotorischen Centralorgans. Wenn man Versuche über das Verhalten des Herzens, das allein unter dem Einflusse des musculomotorischen Apparates steht, anstellen will, so muss das Herz dem Einflusse der übrigen Herznerven entzogen werden. Bei Fröschen ist dies einfach dadurch zu bewerkstelligen, dass man entweder den N. vagus durchschneidet, durch welchen allein nach den Untersuchungen von Budge[2]) Nervenfasern zum Herzen treten, oder dass man das Herz aus dem Körper ausschneidet. Bei Warmblütern dagegen muss man künstliche Respiration einleiten, sowie sämmtliche Herznerven durchschneiden. Wir geben im Folgenden eine Anleitung, derartige Versuche am Herzen von Fröschen und Säugethieren auszuführen.

aa. Versuche mit den Herzganglien beim Frosche

stellte zuerst Rosenberger an; später machte Stannius ähnliche bekannt. Diese Versuche bestehen einfach darin, dass man bestimmte Stellen am

---

[1]) Bidder. Ueber functionell verschiedene und räumlich getrennte Nervencentra im Froschherzen. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1852. S. 169. 1852.

[2]) Budge. Die Abhängigkeit der Herzbewegung vom Rückenmarke und Gehirne. Arch. f. physiol. Heilk. Jahrg. 5, S. 544. 1846.

Herzen abschneidet oder abbindet. Mit der Deutung und weiterer detaillirter Ausführung dieser Versuche befassten sich verschiedene Forscher, namentlich Bidder[1]), Ekhard[2]), Heidenhain[3]), v. Bezold[4]), Goltz[5]), Nawrocki[6]), Friedländer[7]) und Munk[8]). Friedländer untersuchte besonders die Bewegungserscheinungen kleiner ausgeschnittener Herzstückchen und den Einfluss verschiedener Reize auf dieselben.

Wir erörtern anbei die Versuche von Rosenberger, Stannius, Munk und Friedländer.

αα. Der Versuch von Rosenberger[9]). Wird das aus dem Körper eines Frosches herausgeschnittene Herz durch einen raschen Schnitt in der die Vorkammern von dem Ventrikel trennenden Querfurche getheilt, so setzen Vorhof und Ventrikel, sobald der untere freie Rand der Vorhofsscheidewand mit dem Ventrikel abgetrennt ist, ihre Bewegungen fort; ist dagegen der Schnitt so geführt, dass der Ventrikel durch denselben vollständig isolirt abgetrennt wurde, so setzen die Vorhöfe ihre rhythmischen Contractionen fort, während der Ventrikel in Diastole still steht. Berührt man alsdann den Ventrikel nur ganz sachte mit irgend einem Gegenstande, z. B. einer Nadelspitze, so contrahirt sich derselbe. Der Ventrikel bleibt indess nach den Beobachtungen von

---

[1]) Bidder. Ueber functionell verschiedene und räumlich getrennte Nervencentra im Froschherzen. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1852. S. 163. 1852. Derselbe. Zur näheren Kenntniss des Froschherzens und seiner Nerven. Ibid. Jahrg. 1866. S. 1. 1866.

[2]) Ekhard. Ein Beitrag zur Theorie der Ursachen der Herzbewegung. Dessen: Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Bd. I, S. 147. 1858. Derselbe. Kritische Beleuchtung der über die Ursachen der Herzbewegung bekannten Thatsachen. Ibid. Bd. II, S. 125. 1860. Derselbe. Beleuchtung des Aufsatzes von Herrn Felix Nawrocki über den Stannius'schen Herzversuch und die Einwirkung constanter Ströme auf das Herz. Ibid. Bd. III, S. 107. 1863.

[3]) Heidenhain. Disquisitiones de nervis organisque centralibus cordis cordiumque ranae lymphaticorum experimentis illustratae. 1854. Derselbe. Erörterungen über die Bewegungen des Froschherzens. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1858, S. 479. 1858.

[4]) v. Bezold. Zur Physiologie der Herzbewegungen. Virchow's Arch. Bd. 14, S. 282. 1858.

[5]) Goltz. Ueber die Bedeutung der sogenannten automatischen Bewegungen des ausgeschnittenen Froschherzens. Virchow's Arch. Bd. 21, S. 191. 1861.

[6]) Nawrocki. Der Stannius'sche Herzversuch und die Einwirkung constanter Ströme auf das Herz. Heidenhain's Studien des physiol. Instituts zu Breslau. Heft. 1, S. 110. 1861.

[7]) Friedländer. Ueber die nervösen Centralorgane des Froschherzens. v. Bezold. Unters. aus dem physiol. Laboratorium in Würzburg. Thl. I, S. 165. 1867.

[8]) Munk. Zur Mechanik der Herzthätigkeit. Verhandl. der physiolog. Gesellsch. zu Berlin. S. 4. 1876.

[9]) Rosenberger. De centris motuum cordis disquisitiones anatomico-physiologicae. Dorpat. Inauguralabh. p. 27. 1850.

Heidenhain[1]) für immer unbeweglich, sobald das obere Viertel oder Drittel des Ventrikels abgeschnitten wurde.

ββ. Der Stannius'sche Versuch[2]) zeigt, dass wenn man genau an derjenigen Stelle, wo der Hohlvenensinus in den rechten Vorhof mündet, eine Ligatur anlegt, das ganze Herz in Diastole anhaltend still steht, dass dagegen Umschnürung der Ventriculargrenze den zuvor in Ruhe versetzten Ventrikel wieder zu anhaltenden Contractionen veranlasst. Hierbei ist zu bemerken, dass der anfängliche Herzstillstand, welcher durch die Abschnürung des Hohlvenensinus bewirkt ist, kein dauernder ist; denn nach den Beobachtungen von Heidenhain[3]) beginnen die Herzpulsationen nach längerer oder kürzerer Pause wieder.

Es ist gleichgültig, ob man den Versuch mit einem Herzen anstellt, das aus dem Körper herausgeschnitten ist, oder ob dasselbe im Körper bleibt.

Statt der Anwendung der Ligaturen ist es einfacher, mit einer scharfen Scheere am ausgeschnittenen Herzen zu arbeiten. Durch allmäliges Abtragen der verschiedenen Herzabschnitte lassen sich dann leicht die Beobachtungen von Rosenberger und Stannius aufs neue bewahrheiten.

Fig. 462.



Will man den Erfolg der Unterbindung des venösen Sinus an einem Herzen studiren, das mit einem Manometer verbunden ist, so wendet man nach Luciani[4]) zweckmässig eine Canüle, Fig. 462, nat. Gr., die etwas gebogen ist an. Die Canüle wird durch die Ven. cav. inf. in das Herz so tief eingeführt, dass die Mündung der Röhre in die Ventrikelhöhlung hineinragt. Die Canüle muss natürlich oberhalb der Grenze des Sinus venosus in die Vene eingebunden und der Bulbus aortae für sich abgebunden werden.

γγ. Versuch von Munk[5]). Derselbe zeigt auf das deutlichste, dass die Bewegungen des Herzmuskels von der Anwesenheit von Ganglien abhängig ist. Isolirt man nämlich den Ventrikel durch einen dicht an dessen oberem Rande geführten Schnitt und schneidet man alsbald den Ventrikel durch einen zweiten Schnitt, der von der Basis zur Spitze

---

[1]) Heidenhain. Erörterungen über die Bewegungen des Froschherzens. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1858. S. 487. 1858.

[2]) Stannius. Zwei Reihen physiologischer Versuche. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1852. S. 85. 1852.

[3]) Heidenhain. Erörterungen über die Bewegungen des Froschherzens. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1858. S. 483. 1858.

[4]) Luciani. Eine periodische Function des isolirten Froschherzens. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math.-phys. Cl. Bd. 25. S. 18. 1873.

[5]) Munk. Ueber den experimentellen Nachweis der centralen Natur der sympathischen Ganglien. Verhandl. der physiol. Gesellsch. zu Berlin. Jahrg. 1876 und 1877. Arch. f. Anat. und Physiol. Physiolog. Abthl. Jahrg. 1878, S. 583. 1878.

links neben den Ventrikelganglien verläuft, in eine grössere rechte und eine kleinere linke Partie, so pulsirt die rechte mit den Ventrikelganglien weiter, während die linke unmittelbar zur Ruhe kommt. Theilt man hierauf durch einen neuen, durch die Höhlung geführten Schnitt die rechte Partie in eine vordere und eine hintere Hälfte, so sieht man jetzt an jeder Hälfte immer das Ventrikelganglion. Beide Hälften pulsiren fort. Sollte dies nicht der Fall sein, so bedarf es nur leichter Berührung des Ventrikelganglions, um zahlreiche Pulsationen wieder herbeizuführen. Schneidet man hierauf mit einer feineren Scheere das Ventrikelganglion weg, so hören sofort die Pulsationen auf und durch mechanische Reizung lässt sich nur eine einzelne Pulsation hervorrufen.

δδ. Versuche von Friedländer[1]). Man bringt einzelne Stückchen eines schlagenden Froschherzens, die kaum 0·5 mm gross sein können, in Serum unter das Mikroskop. Man sieht alsdann deutliche Pulsation des Herzstückchens. Wird das Präparat vor Druck, Austrocknung und Fäulniss geschützt, so pulsirt das Herzstückchen viele Stunden. Friedländer sah ein solches Stückchen 32 Stunden lang pulsiren. Die Bewegungen waren vollkommen regelmässig, wenn auch verlangsamt. Bringt man ein derartiges Präparat auf einen heizbaren Objecttisch, so treten bei Erwärmung auf 30 bis 35° C. die lebhaftesten Pulsationen ein. Diese Bewegungen bleiben, einmal eingeleitet, auch bei gewöhnlicher Zimmertemperatur stundenlang bestehen.

bb. Versuche an Warmblütern.

Wenn man Versuche über das Verhalten des Herzens von Warmblütern, das allein unter dem Einflusse des muskulomotrischen Apparates steht, anstellen will, so muss man zunächst künstliche Respiration einleiten und hierauf den Einfluss des cerebrospinalen Nervensystems auf das Herz und die Gefässe zerstören. Dies geschieht durch Durchschneidung der N. vagi, sympathici und depressores am Halse, sowie durch die Durchschneidung des Halsmarkes. Die Technik, die hierbei in Anwendung kommt, werden wir weiter unten angeben. Wir[2]) bedienten uns z. B. dieser Versuchsmethode bei Gelegenheit unserer Versuche über den Einfluss des essigsauren Morphiums auf den musculomotorischen Apparat des Herzens.

b. **Das regulatorische Nervensystem** wird durch den N. vagus dargestellt. Derselbe entspringt bekanntlich bei Säugethieren aus dem

---

[1]) Friedländer. Ueber die nervösen Centralorgane des Froschherzens. v. Bezold. Unters. aus dem physiol. Laborator. in Würzburg. Thl. I, S. 168. 1867.

[2]) Gscheidlen. Ueber die physiologischen Wirkungen des essigsauren Morphiums. Dessen: Untersuchungen aus dem physiol. Laborat. in Würzburg. Thl. II, S. 47. 1869.

sogenannten Vaguskern des verlängerten Markes, tritt durch das Foramen jugulare aus der Schädelhöhle und spaltet sich während seines Verlaufs in einen Hals-, Brust- und Bauchtheil. Wir beschäftigen uns im Folgenden nur mit dem Theil des N. vagus, insoweit derselbe mit dem Herzen anatomisch in Verbindung steht. Wir berichten anbei zuerst von dem anatomischen Verlaufe des N. vagus und dann von seiner physiologischen Verrichtung.

α. Der anatomische Verlauf des N. vagus ist bei verschiedenen Thieren verschieden. Wir beschreiben denselben bei Hunden, Kaninchen, Vögeln, Fröschen und Fischen.

aa. Der Verlauf des N. vagus beim Hunde.

Beim Hunde verläuft der N. vagus von etwa 1 cm unterhalb des Gangl. cervic. super. ab, gemeinsam mit dem Sympathicus in einer Nervenscheide. Beide Nerven können indess durch einen Einschlitz in die Scheide von einander getrennt werden. Hat man diese Trennung ausgeführt, so ist nach den Beobachtungen von Aubert und Roever [1]) gewöhnlich der dickere Nerv der N. vagus. Derselbe liegt immer nach aussen, der Sympathicus immer nach innen; ist ein N. depressor [2]) vorhanden, so liegt derselbe zwischen beiden, worauf Kreidmann [3]) aufmerksam macht.

bb. Der Verlauf des N. vagus beim Kaninchen

bietet keine besondere Abweichungen von den Verhältnissen beim Menschen, weshalb wir von einer genaueren Schilderung absehen. Man braucht nur die Carotis zu präpariren, um ihn neben derselben nach aussen verlaufen zu sehen. Eine Abbildung seines Verlaufs hat Schneider [4]) gegeben.

cc. Der Verlauf des N. vagus bei Vögeln.

Bei den Vögeln liegen die N. vagi am Halse zu beiden Seiten der Luftröhre; sie sind von dem dünnen Halshautmuskel bedeckt und in

---

[1]) Aubert und Roever. Ueber die vasomotorischen Wirkungen des Nervus vagus, laryngeus und sympathicus. Pflüger's Arch. Jahrg. I. S. 214. 1868.

[2]) Cyon und Ludwig. Die Reflexe eines der sensiblen Nerven des Herzens auf die motorischen der Blutgefässe. Ber. über die Verhandl. der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Math.-phys. Cl. Bd. 18, S. 307. 1866.

[3]) Kreidmann. Anatomische Untersuchungen über den Nervus depressor beim Menschen und Hunde. Arch. f. Anat. und Physiol. Anat. Abthl. Jahrg. 1878, S. 412. 1878.

[4]) Schneider. Topographische Anatomie des Vorderhalses beim Kaninchen und der Kehlkopf desselben. Greifswalder Inauguralabh. Tafel I. 1867.

ihrem Verlaufe von der Ven. jugularis begleitet; der rechte N. vagus hat wegen der Speiseröhre eine etwas tiefere Lage. Die N. vagi besitzen eine bedeutende Länge. Bei der Präparation am lebenden Thiere ereignet es sich häufig, dass eine der quer über die N. vagi verlaufenden Venen durchgeschnitten werden muss. Die eintretenden Blutungen haben indess nach den Beobachtungen von Einbrodt [1]) meist gar keinen Einfluss auf die Herzbewegung.

dd. Der Verlauf des N. vagus beim Frosche.

Der N. vagus entspringt beim Frosche, wie Volkmann [2]) und Schiess [3]) beschreiben, an der hintersten Grenze des verlängerten Markes und an dessen Aussenseite mit mehreren Wurzeln; die Wurzeln sind so angeordnet, dass die vorderste im rechten Winkel vom verlängerten Mark abtritt, während die hintere einen spitzen Winkel mit seiner Längsaxe bildet. Der N. vagus tritt durch das Foramen condyloideum aus der Schädelhöhle und schwillt alsbald zu einem kleinen gelblich gefärbten Ganglion an. Aus diesem Ganglion treten zwei kleine Nervenfäserchen aus, die man als Rami inferiores n. vagi bezeichnen kann; dieselben treten neben einander liegend unter das Schulterblatt. Die vordere Faser zweigt sich hier ab, den Ramus lingualis bildend, die hintere spaltet sich in zwei Zweige, einen vorderen sehr dünnen, R. laryngeus, wie Budge [4]) ihn nennt, und einen viel dickeren, den R. intestinalis. Beide kreuzen sich mit dem N. hypoglossus, über dem sie liegen. Der R. laryngeus tritt an den Kehlkopf, der R. intestinalis aber spaltet sich wieder in einen oberen R. gastricus, welcher an dem oberen Magen herabsteigt, und in einen R. cardiaco-pulmonalis. Der letztere liegt an dem vorderen Ende der Lunge und theilt sich unter spitzem Winkel in den dicken R. pulmonalis und den feineren R. cardiacus, der neben und über der V. jugularis an das Herz geht.

Will man die Herzzweige des N. vagus am lebenden Thiere aufsuchen, so befestigt man nach Bidder [5]) das Thier auf dem Rücken. Entfernt man hierauf das Brustbein, so sieht man das Herz nebst den grossen Gefässen und den Lungen frei liegen. Die Herzzweige des N. vagus lassen sich nun jederseits leicht auffinden, indem sie über den

---

[1]) Einbrodt. Ueber den Einfluss der Nervi vagi auf die Herzbewegung bei Vögeln. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1859, S. 442. 1859.

[2]) Volkmann. Von dem Bau und den Verrichtungen der Kopfnerven des Frosches. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1838. S. 72. 1838.

[3]) Schiess. Versuch einer speciellen Neurologie der Rana esculenta. Baseler Inauguralabh. S. 19. 1857.

[4]) Budge. Die Abhängigkeit der Herzbewegung vom Rückenmarke und Gehirne. Arch. f. phys. Heilk. Jahrg. 5, S. 545. 1846.

[5]) Bidder. Die Endigungsweise des N. vagus beim Frosche. Arch. für Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1866. S. 7. 1866.

oberen Theil der vorderen Lungenoberfläche, dicht unter dem serösen Ueberzuge der Lungen und durch denselben hindurchschimmernd in schräger Richtung von aussen nach innen zur Mittellinie des Körpers herabsteigen und endlich den oberen Hohlvenen sich anlegend zum Herzen gehen. In diesem ganzen Verlauf sind diese Nervenfädchen trotz ihrer Feinheit mit Sicherheit zu erkennen, da sie auf dem dunkeln Grunde der Lungen und der bluthaltigen Hohlvenen durch ihr weisses Aussehen sich von der durchscheinend grauen bindegewebigen Nachbarschaft hinreichend markiren.

ee. Der Verlauf des N. vagus bei Fischen

wurde namentlich von Hoffmann[1]) studirt. Der N. vagus entspringt mit zwei Wurzeln von der Medulla oblongata, von denen die erste in der Regel kleiner und dünner ist als die zweite. Die erste gehört vorzugsweise dem Seitennervensystem an, die zweite dagegen versorgt die Kiemenbögen, den Schlund, das Herz, die Speiseröhre, den Magen sowie die Schwimmblase. Die Aeste beider Wurzeln vereinigen sich und treten mit einem gemeinsamen Strang durch eine Oeffnung des Os occipitale laterale aus dem Schädel. Dieser Strang bildet alsdann ein breites ganglіöses Geflecht, aus dem die Rami branchiales, die Rami pharyngei superiores und inferiores, der Ramus cardiacus und Ramus intestinalis abgehen. Der Ramus cardiacus, der hier uns allein interessirt, tritt als feines Nervenfäserchen aus dem Geflechte ab, verläuft über den Schlund und tritt an den Ductus Cuvieri[2]) in der Nähe seiner Einmündung in den Sinus venosus. Von hier aus verlaufen die Rami cardiaci der beiden Seiten, meist kleine Aestchen abgebend, an der oberen Wand des Sinus, mit einander convergirend der Vorhofsmündung zu. Sie treten in den Vorhof ein und verlaufen dann an der hinteren Wand der Ventricularmündung zu, wo sie nicht mehr makroskopisch erkannt werden können. Gleich beim Eintritt in den Vorhof findet sich in den Nerven eine grosse Zahl von Ganglienzellen eingestreut.

b. Physiologie des regulatorischen Herznervensystems. Die physiologische Beziehung des N. vagus zum Herzen lernt man direct aus den Folgen der Durchschneidung und der Reizung der N. vagi kennen, indirect aus den Wirkungen von Giften. An die Abhandlung dieser Versuche reihen wir eine Anleitung, einige Versuche anzustellen, aus denen sich die Erregbarkeit der N. vagi auf reflectorischem Wege ergiebt.

---

[1]) Hoffmann. Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Nervus vagus. S. 5. 1860.

[2]) Mit dem Namen Ductus Cuvieri belegen die Anatomen die zwei kurzen Quervenenstämme, auch Trunci transversi genannt, in denen die Körpervenen sich vereinen, bevor sie in den Sinus venosus einmünden.

α. Die Durchschneidung der N. vagi wird bei Versuchen, bei denen es sich um den Einfluss derselben auf das Herz handelt, am Halse vorgenommen. Um den Effect der Durchschneidung genau bemessen zu können, ist es nothwendig, dass die Zahl der Herzschläge vor und nach der Durchschneidung genau gezählt werden. Die Methoden, die hierbei angewendet werden können, haben wir S. 581 genau erörtert.

Nach Durchschneidung der beiden N. vagi am Halse tritt in den meisten Fällen Vermehrung des Herzschlags ein. Constant ist dies z. B. am Hunde beobachtet worden; beim Kaninchen dagegen ist dies nicht immer der Fall; denn wenn, wie wir beobachteten, bei diesem Thiere die Zahl der Herzschläge bereits sehr hoch ist, so wird durch die Durchschneidung einer oder beider N. vagi die Zahl der Herzschläge nicht vermehrt. Bei den Vögeln ist die Vermehrung der Herzschläge nach Trennung beider N. vagi, wie aus den Versuchen von Einbrodt[1]) hervorgeht, gering. Bei Fröschen wird sehr selten durch Vagusdurchschneidung Vermehrung der Herzschläge hervorgerufen. Wir sahen Vermehrung der Herzschläge nach Vagusdurchschneidung unter zahlreichen Versuchen nur einigemale, was in Einklang mit den Beobachtungen Rosenthal's, die Meyer[2]) mittheilt, steht.

Eine Beschreibung der Folgen der Vagusdurchschneidung findet man bereits bei Lower[3]).

β. Die Reizung der N. vagi. Eduard Weber[4]) gebührt das Verdienst, zuerst beobachtet zu haben, dass elektrische Reizung des peripherischen Endes des durchschnittenen N. vagus je nach der Reiz-

---

[1]) Einbrodt. Ueber den Einfluss der Nervi vagi auf die Herzbewegung bei Vögeln. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1859, S. 456. 1859.

[2]) Meyer. Das Hemmungsnervensystem des Herzens. S. 88, Anmerkung. 1869.

[3]) Lower. Tractatus de corde item de motu, colore et transfusione sanguinis et de chyli in eum transitu ut et de venae sectione. p. 81. 1671. Die Stelle lautet: Nervis octavi paris in cervice arcte ligatis, aut penitus abscissis (quod animali perinde est) mirum dictu quanta subito mutatio! Cor, quod moderate antea, et aequaliter motus suos obiit, statim ab injecta ligatura palpitare, et contremiscere incipit, atque ita diem unum et alterum miserum animal Corde tremulo, et pectore admodum suspirioso, languidam vitam protrahit, et brevi tandem exspirat.

[4]) Die Entdeckung Eduard Weber's hat sein Bruder E. H. Weber zuerst auf der italienischen Naturforscherversammlung zu Neapel mitgetheilt. Experimenta physiologica in theatro anatomico Lipsiensi facta a professoribus Ed. et Ern. H. Weber fratribus et ab hoc cum viris doctis septimi congressus Italici communicata. Napoli. Omodei: Ann. univers. di medicina. T. 116. p. 227. 1845. Auch Weber. Ueber Eduard Weber's Entdeckungen in der Lehre von der Muskelcontraction. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1846, S. 526. 1846. Unabhängig indess von der Entdeckung Weber's scheint Budge die nämliche Thatsache gefunden zu haben. Budge. Briefliche Mittheilung über die Herzbewegung. Arch. f. Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1846, S. 295. 1846.

stärke Verlangsamung resp. Stillstand des Herzens in Diastole hervorruft. Der nämliche Erfolg kann auch durch chemische und mechanische Reizung erzielt werden, wie Ekhard und Heidenhain fanden. Thermische Reizung des peripheren Vagusstammes ist nach den Untersuchungen von Grützner[1]) ohne Einfluss auf den Herzschlag.

Wir handeln im Folgenden von der elektrischen, der chemischen und der mechanischen Reizung des pheripheren Endes des N. vagus.

aa. Die elektrische Reizung des N. vagus

geschieht dadurch, dass man den frei präparirten Nerven über eine stromzuführende Vorrichtung brückt; je nach der Stärke des elektrischen Stroms, der durch den Nerven geht, entsteht alsdann Verlangsamung des Herzschlags oder sofortiger Stillstand des Herzens. Es ist bequem, den isolirten Nerven an einen Faden zu binden, an dem er leicht auf die stromzuführende Vorrichtung gelegt oder von ihr entfernt werden kann. Als stromzuführende Vorrichtung benutzt man entweder Drahtelektroden, oder die Elektroden von Ludwig oder Baxt, oder die Platinschaufeln von du Bois-Reymond, oder die Thonstiefel von du Bois-Reymond.

αα. Die Drahtelektroden bestehen entweder aus Drähten von Zink, Kupfer oder Platin, die an einem Korkstückchen, einem Glas- oder Holzstabe passend befestigt sind und mit den Enden eines Elektromotors in Verbindung gesetzt werden. Derartige allgemein gebräuchliche Elektroden zeigen Fig. 463, $^2/_3$ nat. Gr., und Fig. 464, $^1/_2$ nat. Gr.

A, Fig. 463, $^2/_3$ nat. Gr., ist ein Glasstab, auf den zwei umsponnene Kupferdrähte gewickelt und mit Siegellack befestigt sind. Die Drähte sind an ihrem unteren Ende blank, etwas breitgedrückt und gebogen, an ihren oberen Enden bei *B* und *C* werden sie mit den Drähten eines Inductionsapparates oder einer galvanischen Batterie in Verbindung gesetzt. In Fig. 464, $^1/_2$ nat. Gr., ist eine andere einfache Form der Drahtelektroden abgebildet. *A* ist ein Holzstäbchen, in dessen Innerem zwei Kupferdrähte verlaufen; auf die unteren gebogenen Enden kommt der Nerv zu liegen, die oberen Enden werden zur Verbindung mit einem Elektromotor mit Poggendorff'schen Klemmschrauben versehen.

ββ. Die Elektroden Ludwig's haben wir bereits S. 542 beschrieben. Einer ähnlichen Vorrichtung bediente sich später du Bois-Reymond[2]), die er mit dem Namen feuchte Reizungsröhre belegte. Diese Vorrichtung, Fig. 465, $^1/_2$ nat. Gr., besteht aus einer ⊥-förmigen Glasröhre, die an einem abgestumpften Holzkegel *A* befestigt ist. In der Glasröhre befinden sich zwei Platinringe, die durch Drähte mit den

[1]) Grützner. Ueber verschiedene Arten der Nervenerregung. Pflüger's Arch. Bd. 17, S. 222. 1878.

[2]) Du Bois-Reymond. Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu elektrophysiologischen Zwecken. Abhandl. der königl. Akad. der Wissensch. zu Berlin aus dem Jahre 1862. S. 146. 1863.

Inhaltsverzeichniss der ersten Lieferung.

Zweites Capitel.

PHYSIOLOGISCHE

METHODIK.

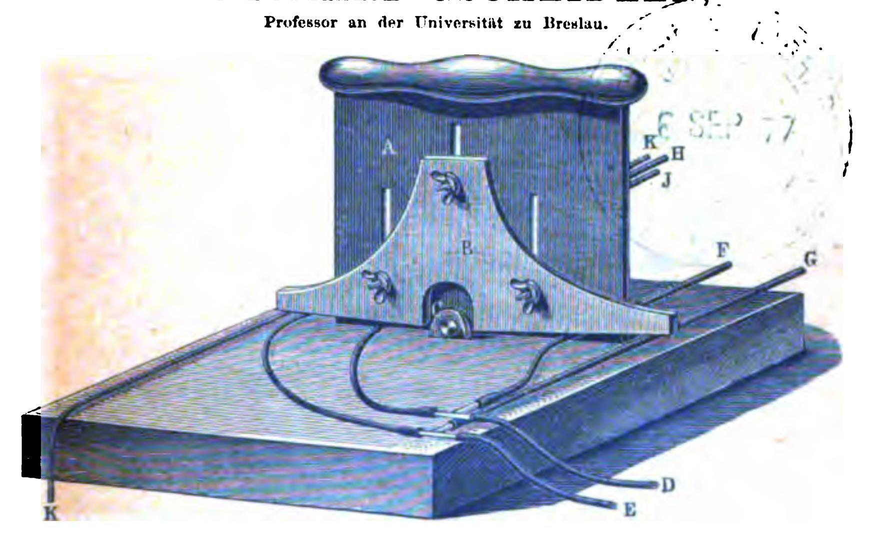
EIN HANDBUCH

DER

PRAKTISCHEN PHYSIOLOGIE

VON

DR. RICHARD GSCHEIDLEN,
Professor an der Universität zu Breslau.



MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

ZWEITE LIEFERUNG.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1876.

Inhaltsverzeichniss der zweiten Lieferung.

To be bound in

Zweiter Theil.

Erstes Capitel.

Zweites Capitel.

PHYSIOLOGISCHE

METHODIK.

EIN HANDBUCH

DER

PRAKTISCHEN PHYSIOLOGIE

VON

Dr. RICHARD GSCHEIDLEN,
Professor an der Universität zu Breslau.



MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

DRITTE LIEFERUNG.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1877.

Inhaltsverzeichniss der dritten Lieferung.

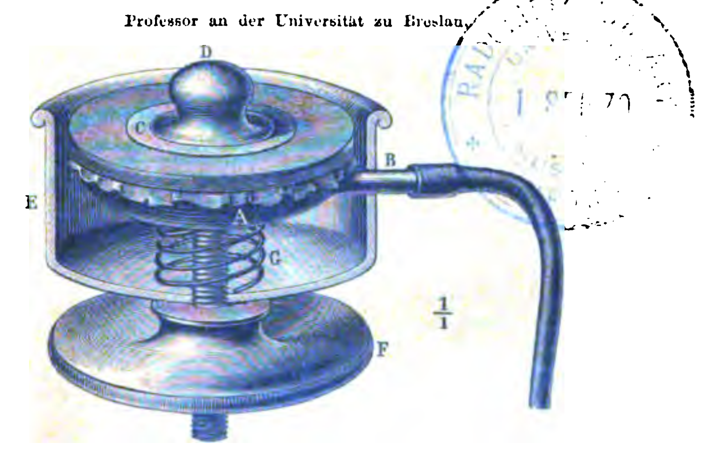
To be bound in

PHYSIOLOGISCHE
METHODIK.

EIN HANDBUCH
DER
PRAKTISCHEN PHYSIOLOGIE

VON

DR. RICHARD GSCHEIDLEN,
Professor an der Universität zu Breslau.



MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

VIERTE LIEFERUNG.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1879.

Inhaltsverzeichniss der vierten Lieferung.

Jobe bound in







